

枪鱿科和蛸科头足类齿舌的比较研究*

马培振, 郑小东**, 于瑞海, 王昭萍

(中国海洋大学水产学院, 山东 青岛 266003)

摘要: 为了给头足类的分类提供更多依据,本文采用扫描电镜技术对枪鱿科和蛸科各3种头足类的齿舌进行了显微观察和比较研究。研究显示:6种头足类的齿舌均由7列纵向齿组成,齿式为 $3 \cdot 1 \cdot 3$ 。枪鱿科的3个种(杜氏枪鱿(*Uroteuthis duvaucelii*)、苏门答腊枪鱿(*Loliolus sumatrensis*)、莱氏拟乌贼(*Sepioteuthis lessoniana*)),中央齿1列,具有3个齿尖;侧齿位于中央齿两侧各3列,向外分别称为第一侧齿、第二侧齿和第三侧齿,也称为侧齿、内缘齿和外缘齿;缘板不发达。蛸科的3个种(卵蛸(*Amphioctopus ovulum*)、台湾小孔蛸(*Cistopus taiwanicus*)、*Octopus* sp.),中央齿1列,具有3~5个齿尖,侧齿各3列,缘板发达。结果表明,不同种的头足类动物,其齿舌形态差别较大,可作为分类依据对中国沿海分布的物种进行鉴定。

关键词: 头足纲;枪鱿科;蛸科;齿舌;扫描电镜;形态学

中图分类号: Q959.216

文献标志码: A

文章编号: 1672-5174(2016)05-032-06

DOI: 10.16441/j.cnki.hdx.20140132

引用格式:马培振,郑小东,于瑞海,等.枪鱿科和蛸科头足类齿舌的比较研究[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2016,46(5):32-37.

MA Pei-Zhen, ZHENG Xiao-Dong, YU Rui-Hai, et al. A comparative study on the radulae of Loliginidae and Octopodidae [J]. Periodical of Ocean University of China, 2016, 46(5): 32-37.

头足类动物隶属软体动物门(Mollusca)头足纲(Cephalopoda),典型动物类群包括鹦鹉螺(*Nautilus*)、柔鱼(*Ommatostrephes*)、乌贼(*Cuttlefishes*)、章鱼(*Octopuses*)、枪鱿(也称枪乌贼, *Squids*)^[1-2]等。中国拥有丰富的头足类资源^[3-4],作为重要经济类群和人类所需的动物蛋白来源,中国的头足类产品在国际市场倍受青睐^[5],经济效益显著。

目前,在头足类种质鉴定和分类体系方面,基于形态特征^[6-7]的传统分类方法仍然占据主要地位,并得到不断补充和完善^[8-10]。但是,头足类外部形态特征受环境等因素影响较大,作为分类依据有一定局限性。大量研究表明,头足类的硬组织结构(耳石、内壳、角质颚、齿舌)可能在群体和种质鉴定方面比软体部形态学研究更有效^[11],这为头足类的分类提供了新的思路。齿舌作为头足类消化器官的重要组成部分,其齿片的数目、形状和排列方式等是分类学上的重要依据^[12-14],但有关这方面的研究至今较少^[15]。齿舌结构在群体间无显著差异^[16],但是种间差异明显^[17-20],同时齿舌的形态与个体大小、性别等无关^[18]。以上研究均显示齿舌

在头足类分类研究中具有较重要的价值。本文通过扫描电镜对中国沿海6种头足类齿舌进行比较分析,希望找到更多分类依据,同时对依靠齿舌特征对头足类进行分类的分类系统进行有效的补充。

1 材料与方法

1.1 材料的来源

所研究的6种头足类活体标本分别来自湛江、厦门、日照、北海、霞浦(见表1),分别拍照、保存个体照片。

1.2 齿舌的制备

取出头足类活体标本,从口部小心向外挤捏口球,至角质颚被挤出。用镊子取出角质颚,角质颚下部可以看到齿舌。小心取出齿舌后,用蒸馏水冲洗干净,洗掉表面的食物残渣等附着物,然后放入5%~10% NaOH溶液,浸泡1d除去附肌。或将齿舌放入蒸馏水中煮沸,除去残肌,然后以清水冲洗。把齿舌样品置于CO₂临界点干燥,Eiko公司IB-3离子镀膜仪喷金镀膜,JSM-840扫描电镜观察^[16]。

* 基金项目:国家自然科学基金项目(31172058);中央高校基本科研业务费专项项目(201362022)资助

Supported by the National Natural Science Foundation of China (31172058); The Fundamental Research Funds for the Central Universities (201362022)

收稿日期:2015-04-16; 修订日期:2015-09-17

作者简介:马培振(1989-),男,博士生,主要从事贝类遗传育种研究。E-mail:1026028761@qq.com

** 通讯作者;E-mail:xdzheng@ouc.edu.cn

表 1 6 种头足类采集地点、时间和数量
Table 1 Location, date and number of samples of 6 cephalopods

种名 Species	样品数量 Sampling number	采集日期 Date	采集地点 Location
杜氏枪鱿 <i>Uroteuthis duvaucelii</i>	3	2011-04-22	广东湛江
苏门答腊枪鱿 <i>Loliolus sumatrensis</i>	5	2010-05-03	厦门中浦市场
莱氏拟乌贼 <i>Sepioteuthis lessoniana</i>	3	2008-10-11	山东日照
卵蛸 <i>Amphioctopus ovulum</i>	3	2011-04-19	广西北海
台湾小孔蛸 <i>Cistopus taiwanicus</i>	3	2010-11-09	福建霞浦
<i>Octopus</i> sp.	3	2010-11-14	广西北海

注: “*Octopus* sp.” 为蛸属一未定种。“*Octopus* sp.” is referred to an undetermined *Octopus* species.

2 实验结果

在所研究的 6 种头足类中, 齿舌均由 7 列纵向的齿组成: 中央齿 1 列, 两侧向外依次为第一侧齿、第二侧

齿(也称内缘齿)、和第三侧齿(也称外缘齿), 即齿式为 3 · 1 · 3。3 种蛸类有发达的缘板结构, 而 3 种枪鱿类缘板较小。对 6 种头足类齿舌描述如下, 并对各齿特征进行统计(见表 2)。

表 2 6 种头足类齿舌
Table 2 Radulae of 6 cephalopods

种名 Species	中央齿 Median tooth	第一侧齿 1 st lateral tooth	第二侧齿 2 nd lateral tooth	第三侧齿 3 rd lateral tooth	缘板 Marginal plate
杜氏枪鱿 <i>Uroteuthis duvaucelii</i>	3 齿尖 各齿相同	3 齿尖 宽度: 0.67~0.75 高度: 0.67~0.75	弯刀状 宽度: 0.50* 高度: 1.50	弯刀状 宽度: 0.50 高度: >2.00	近椭圆形
苏门答腊枪鱿 <i>Loliolus sumatrensis</i>	3 齿尖 各齿相同	3 齿尖 宽度: 1.00 高度: 0.90	弯刀状 宽度: 1.50* 高度: 1.50	细弯刀状 宽度: 0.75~0.80 高度: 2.00	近椭圆形
莱氏拟乌贼 <i>Sepioteuthis lessoniana</i>	3 齿尖 各齿相同	3 齿尖 宽度: 1.0 高度: 0.80~0.85	弯刀状 宽度: 1.00* 高度: 1.50	细弯刀状 宽度: 0.50~0.60 高度: 2.00	近椭圆形
卵蛸 <i>Amphioctopus ovulum</i>	3 齿尖* 相邻中央齿侧齿尖 高低位置不同	1 齿尖 宽度: 0.50~0.67 高度: 0.25~0.30	不对称马鞍形 宽度: 1.50 高度: 0.50	弯刀状 高度: 0.90	近长方形
台湾小孔蛸 <i>Cistopus taiwanicus</i>	3~5 齿尖* 侧齿尖形状、数量 不定, 交错排列	1 齿尖 宽度: 0.33~0.50 高度: 0.25	不对称马鞍形 宽度: 1.10 高度: 0.70~0.80	弯刀状 高度: 0.90	近长方形
<i>Octopus</i> sp.	5 齿尖* 侧齿尖升降排列, 6~7 个中央齿为一 循环	1 齿尖 宽度: 0.33~0.50 高度: 0.25~0.33	不对称马鞍形 宽度: 1.00 高度: 0.50~0.67	细弯刀状 高度: 0.90	近长方形

注: 表中数据为各侧齿与中央齿比例, * 标记为较明显比较依据, “*Octopus* sp.” 为蛸属一未定种。

Note: These data are proportional value to median teeth and the mark, “*” is apparent features to compare, with “*Octopus* sp.” being referred to an undetermined *Octopus* species.

2.1 枪鱿科(Loliginidae)

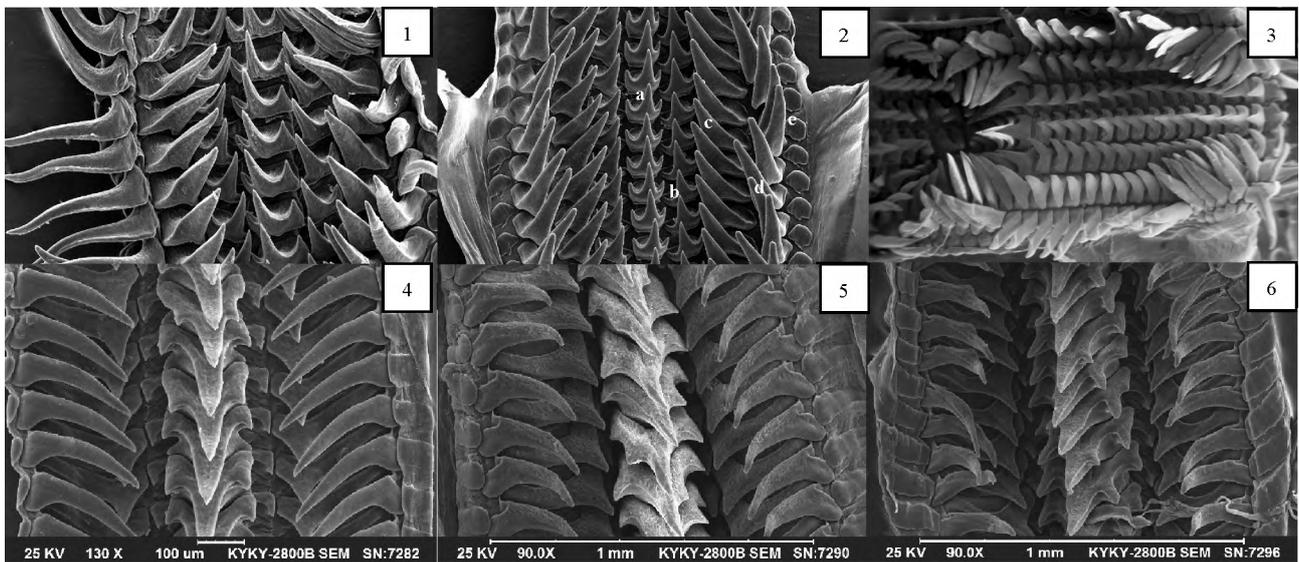
中央齿具有3个齿尖,左右对称。第一侧齿和中央齿形状相似,也具有3个齿尖,但靠近中央齿的齿尖伸到中央齿下方,导致第一侧齿左右不对称。第二侧齿和第三侧齿形状相似。第三侧齿外侧有缘板结构,但是不发达。

2.1.1 杜氏枪鱿(*Uroteuthis duvaucelii*) (见图1-1)中央齿1列,呈左右对称,具有3个齿尖;中间齿尖高度约为两侧齿尖高度的2倍。紧靠中央齿两侧是第一侧齿,2列,3个齿尖,左右不对称;靠近中央齿的齿尖伸到中央齿下面,故不明显;第一侧齿与中央齿形状相似,但比中央齿略小,约为中央齿的 $2/3 \sim 3/4$ 。第二侧齿也称内缘齿,位于第一侧齿的外缘两侧,2列,单一齿尖,呈弯刀形,稍偏向第一侧齿;第二侧齿基部宽度约为中央齿的 $1/2$,但高度约为中央齿的1.5倍。第三侧齿也称外缘齿,位于第二侧齿的外缘两侧,2列,单一齿尖,呈弯刀状,与第二侧齿形状相似;其基部宽度约为中央齿的一半,但高度略大于中央齿的2倍,为最长的齿。缘板较小,位于第三侧齿外侧,近椭圆形。

2.1.2 苏门答腊枪鱿(*Loliolus sumatrensis*) (见图

1-2)中央齿1列,呈左右对称,具有3个齿尖;中间齿尖高度约为两侧齿尖高度2倍。第一侧齿2列,3个齿尖,左右不对称;第一侧齿形状与中央齿相似,但略小于中央齿,且靠近中央齿的齿尖伸到中央齿下面。第二侧齿2列,单一齿尖,呈弯刀状,左右不对称,齿尖略偏向中央齿方向;其高度、基部宽度均约为中央齿的1.5倍。第三侧齿2列,单一齿尖,呈细弯刀状,宽度最窄,但高度最高。缘板较小,位于第三侧齿外侧,近椭圆形。

2.1.3 莱氏拟乌贼(*Sepioteuthis lessoniana*) (见图1-3)中央齿1列,呈左右对称,具有3个齿尖;中间齿尖高度约为两侧齿尖高度的2倍。第一侧齿2列,3个齿尖,左右不对称;其形状、宽度与中央齿相似,但高度略高于中央齿,且靠近中央齿的齿尖伸到中央齿下面,故不明显。第二侧齿2列,单一齿尖,呈弯刀状,左右不对称,齿尖略偏向中央齿方向;其基部宽度与中央齿相近,高度约为中央齿1.5倍。第三侧齿2列,单一齿尖,呈细弯刀状,宽度最窄,高度最高,约为中央齿2倍。缘板较小,位于第三侧齿外侧,近椭圆形。



(1、杜氏枪鱿;2、苏门答腊枪鱿;3、莱氏拟乌贼;4、卵蛸;5、台湾小孔蛸;6、*Octopus* sp.; a. 中央齿; b. 第一侧齿; c. 第二侧齿; d. 第三侧齿; e. 缘板。
1. *Uroteuthis duvaucelii*; 2. *Loliolus sumatrensis*; 3. *Sepioteuthis lessoniana*; 4. *Amphioctopus ovulum*; 5. *Cistopus taiwanicus*; 6. *Octopus* sp.; a. Median tooth; b. 1st lateral tooth; c. 2nd lateral tooth; d. 3rd lateral tooth; e. Marginal plate.)

图1 6种头足类舌扫描电镜观察

Fig. 1 The radulae observation of 6 cephalopods by SEM

2.2 蛸科(Octopodidae)

中央齿具有3~5个齿尖,大部分左右对称(台湾小孔蛸中央齿齿尖复杂)。相邻中央齿的齿尖数量和位置存在变化,缘板结构较发达。

2.2.1 卵蛸(*Amphioctopus ovulum*) (见图1-4)中央齿1列,呈左右对称,具有3个齿尖,但相邻中央齿侧

齿尖位置高低不同,交错排列。第一侧齿2列,单一齿尖,左右不对称,齿尖明显偏向于第二侧齿;其高度是中央齿 $1/4 \sim 1/3$ 左右,基部宽度为中央齿的 $1/2 \sim 2/3$,是最小的齿。第二侧齿2列,单一齿尖,左右不对称,马鞍形,齿尖偏向中央齿方向,靠近第一侧齿处有不明突起;其高度约为中央齿 $1/2$,基部宽度约为中央齿

3/2。第三侧齿 2 列, 单一齿尖, 呈弯刀状, 基部宽度最窄, 高度和第二侧齿的基部宽度相近, 略低于中央齿。缘板位于第三侧齿外侧, 近长方形。

2. 2. 2 台湾小孔蛸 (*Cistopus taiwanicus*)

(见图 1-5) 中央齿 1 列, 左右不对称, 通常具有 3~5 个齿尖; 除中央齿尖外, 两侧齿尖排列不规则, 在相邻中央齿间呈交错排列。紧靠中央齿两侧是第一侧齿, 2 列, 单一齿尖, 左右不对称, 齿尖明显偏向于第二侧齿; 基部宽度约为中央齿的 1/3~1/2, 高度约为中央齿的 1/4 左右, 是最小的齿。第二侧齿 2 列, 单一齿尖, 左右不对称, 马鞍形, 齿尖偏向中央齿方向, 基部边缘弧度较大; 基部宽度与中央齿相近, 而高度略低于中央齿。第三侧齿 2 列, 单一齿尖, 呈弯刀状, 基部宽度最窄, 高度略低于中央齿。缘板位于第三侧齿外侧, 近长方形。

2. 2. 3 *Octopus* sp. (见图 1-6) 中央齿 1 列, 左右不对称, 通常具有 5 个齿尖; 除中央齿尖外, 中央齿尖两侧的 2 个侧齿尖位置在相邻中央齿间成升/降趋势, 具有一定的规律性排列, 大致每 6 或 7 个中央齿为一循环单元。第一侧齿 2 列, 单一齿尖, 左右不对称, 齿尖明显偏向于第二侧齿; 其基部宽度约为中央齿的 1/3~1/2, 高度约为中央齿的 1/4~1/3, 为最小的齿。第二侧齿 2 列, 单一齿尖, 左右不对称, 马鞍形, 齿尖明显偏向中央齿方向; 其高度约为中央齿 1/2~2/3, 基部宽度与中央齿相近。第三侧齿 2 列, 单一齿尖, 呈细弯刀状, 基部宽度最窄, 高度略低于中央齿。缘板位于第三侧齿外侧, 近长方形。

3 讨论

3.1 齿舌的分类与比较

齿舌的形态、大小和齿片的数目在各类间的差异很大, 但是在同一种类却比较稳定, 所以在头足类分类上具有重要意义^[19-20]。文中所研究的 6 种头足类齿舌均为异型齿^[14], 各齿分化较大, 侧齿形状多不同, 中央齿较发达, 具 3~5 齿尖。Nesis^[21] 认为枪鱿类第二、三侧齿相似, 我们观察到的枪鱿第二、三侧齿形状相似, 但大小比例有差异, 齿的高度、基部宽度差别较大。同时, 枪鱿中央齿和第一侧齿亦形状相似, 均有 3 个齿尖, 但大小比例不同。

从本文的研究中, 可以看出齿舌在物种间差异明显, 不仅在蛸类^[14], 而且在其他头足类动物中也具有重要意义。在所研究 3 种枪鱿科头足类中, 缘板不发达, 中央齿和第一侧齿均为三齿尖型, 形状相似, 第二侧齿和第三侧齿均为单一齿尖, 弯刀型, 形状相似。但不同物种间侧齿和中央齿的大小比例关系差异显著, 据此可将齿舌特征作为枪鱿类分类依据。如杜氏枪鱿 (*Uroteuthis duvaucelii*, 见图 1-1) 第二侧齿基部宽度约

为中央齿的 1/2, 而在苏门答腊枪鱿 (*Loliolus sumatrensis*, 见图 1-2) 和莱氏拟乌贼 (*Sepioteuthis lessoniana*, 见图 1-3) 中, 这一数据约为 1.5 和 1.0; 而在 3 种蛸中, 缘板发达, 中央齿分化程度较高, 特别是中央齿侧齿尖的数量、位置和排列方式差异显著, 可作为分类依据。如卵蛸 (*Amphioctopus ovulum*, 见图 1-4) 中央齿 3 齿尖, 但相邻中央齿侧齿尖位置高低不同, 交错排列; *Octopus* sp. (见图 1-6) 通常具有 5 个齿尖。除中央齿尖外, 中央齿尖两侧的 2 个侧齿尖位置在相邻中央齿间成升/降趋势, 具有一定的规律性排列, 大致每 6 或 7 个中央齿为一循环单元; 台湾小孔蛸 *Cistopus taiwanicus*, 见图 1-5) 中央齿齿尖数目为 3 或 4 或 5 个^[22]。除中央齿尖外, 两侧齿尖排列不规则, 在相邻中央齿间呈交错排列。另外, 第二侧齿在分类中的地位也不可忽视, 如第二侧齿的形状、边缘弧度、齿尖位置等在不同物种间差异显著。

Zheng & Wang^[17] 对中国沿海 9 种头足类齿舌研究发现, 乌贼类齿舌中央齿和第一侧齿、第二侧齿形态特征相似, 且无缘板结构, 与蛸类齿舌特征差异显著。根据我们的观察, 枪鱿类齿舌特征与蛸类差异显著, 与乌贼类^[17] 也不同。这可作为根据齿舌特征初步区分枪鱿、乌贼和蛸的依据, 这进一步证明齿舌结构应在头足类分类学中起到更加重要的作用。

3.2 齿舌的形态与功能关系

齿舌是软体动物独特的摄食器官, 齿舌带依附在有软骨的组织上一齿舌基膜, 借助相关肌肉的伸缩往返活动, 把进入口腔的食物锉碎, 并将食物输送到咽中。研究表明, 中央齿和第二侧齿是头足类蛸科研磨食物的主要结构^[18], 而第一侧齿除了输送食物, 还可以继续研磨中央齿研磨过、落入此沟的食物, 其矮小结构及其齿尖与中央齿、第二侧齿的位置关系为此提供直接依据。在枪鱿类中, 根据齿舌形状可以推测, 中央齿和第一侧齿均齿尖较多, 主要起研磨食物作用, 其形状较规则, 不能很好抓住食物, 所以第二侧齿、第三侧齿共同抱合, 形成发达的防止食物脱落的管状结构, 同时整齐的齿有助于食物向下传输。

外界环境对齿舌的分化也有影响, 董正之认为捕食对齿舌的分化差异有重要作用^[23]。我们采集的蛸类为底栖生活种类, 主要以双壳类、甲壳类为食, 食物中坚硬成分多, 发达的缘板提高了齿的功效^[24], 复杂的中央齿和第二侧齿有利于研磨、嚼碎食物中的坚硬成分, 提高消化效率, 第一侧齿形成的沟状结构有便于碎壳传输; 采集的枪鱿类为游泳生活, 主要生活在水深 250 m 以下的海区, 以糠虾、磷虾等甲壳类、小型鱼类和头足类为食, 食物中肉质成分多, 第一侧齿与中央齿均齿尖较多且排列紧密, 有助于齿尖穿插并撕断肌肉, 将肌

肉嚼碎,这与蛸类明显不同。

致谢:本实验承蒙台湾中兴大学卢重成教授鉴定标本,青岛大学医学院电镜室谭金山教授制备电镜样品以及钱耀森、赵雪琳等研究生大力协助,在此致谢。

参考文献:

- [1] Lu C C, Zheng X D, Lin X Z. Diversity of Cephalopoda from the waters of the Chinese mainland and Taiwan [C]//Proceedings of the 1st Mainland and Taiwan Symposium of Marine Biodiversity Studies. Beijing: China Ocean Press, 2012: 76-87.
- [2] 卢重成, 郑小东, 林祥志. 头足纲. 中国海洋物种多样性(上册) [M]. 北京: 海洋出版社, 2012: 627-631.
Lu Z C, Zheng X D, Lin X Z. Cephalopoda. The Living Species in China's Seas (Part I) [M]. Beijing: China Ocean Press, 2012: 627-631.
- [3] 王尧耕, 陈新军. 世界头足类资源开发现状和中国远洋鱿钓渔业发展概况 [J]. 上海水产大学学报, 1998, 7(4): 283-287.
Wang Y G, Chen X J. The current exploitation of cephalopod resources in the world and the development of Chinese distant-water squid jigging fishery [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 1998, 7(4): 283-287.
- [4] 董正之. 世界大洋经济头足类生物学 [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1991: 27-32.
Dong Z Z. Biology of World's Economic Cephalopods [M]. Jinan: Shandong Science and Technology Press, 1991: 27-32
- [5] 董正之. 中国动物志软体动物门头足纲 [M]. 北京: 科学出版社, 1988: 29-185.
Dong Z Z. Cephalopoda Mollusca of Fauna Sinica [M]. Beijing: Science Press, 1988: 29-185.
- [6] Kristensen T K. Multivariate statistical analysis of geographic variation in the squid *Gonatus fabricaii* (Lichtenstein, 1818) (Mollusca: Cephalopoda) [J]. International Journal of Malacology, 1982, 22: 581-586.
- [7] Augustyn C J, Grant W S. Biochemical and morphological systematics of *Loligo vulgaris* Lamarck and *Loligo vulgaris reynaudii* d'Orbigny nov. comb (Cephalopoda: Myopsida) [J]. International Journal of Malacology, 1988, 29: 215-233.
- [8] Roper C F E, Voss G L. Guidelines for taxonomic descriptions of cephalopod species [J]. Memoirs of the National Museum of Victoria, 1983, 44: 49-63.
- [9] Sweeney M J, Roper C F E. Classification, type localities and type repositories of Recent Cephalopoda [J]. Smithsonian Contributions to Zoology, 1998, 586: 561-599.
- [10] Norman M D, Hochberg F G. The current state of octopus taxonomy [J]. Phuket Marine Biological Center Research Bulletin, 2005, 66: 127-154.
- [11] Borges T C. Discriminant analysis of geographic variation in hard structures of *Todarodes sagittatus* from North Atlantic Ocean [J]. ICES Marine Science Symposium, 1995, 199: 44.
- [12] 蔡英亚, 张英, 魏若飞. 贝类学概论 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1979: 50-52.
Cai Y Y, Zhang Y, Wei R F. Guide to Malacology [M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 1979: 50-52.
- [13] 陈德牛, 高家祥. 略谈软体动物的齿舌 [J]. 生物学通报, 1983, 6: 25-26.
Chen D N, Gao J X. Study on the radula of mollusks [J]. Bulletin of Biology, 1983, 6: 25-26.
- [14] 陈新军, 刘必林, 王尧耕. 世界头足类 [M]. 北京: 海洋出版社, 2009: 21.
Chen X J, Liu B L, Wang Y G. Cephalopods of the World [M]. Beijing: China Ocean Press, 2009: 21.
- [15] Neige P. Morphometrics of hard structures in cuttlefish [J]. Vie Et Milieu Life & Environment, 2006, 56(2): 121-127.
- [16] 郑小东, 王如才, 刘维青. 华南沿海曼氏无针乌贼 *Sepiella maindroni* 表型变异研究 [J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2002, 32(5): 713-719.
Zheng X D, Wang R C, Liu W Q. Study on the phenotypic variation in the common Chinese Cuttlefish *Sepiella maindroni* in South China Coastal Waters [J]. Journal of Ocean University of Qingdao, 2002, 32(5): 713-719.
- [17] Zheng X D, Wang R C. Morphological study on radula of nine cephalopods in the coastal waters of China [J]. Journal of Fisheries of China, 2002, 26(5): 417-422.
- [18] 郑小东, 林祥志, 王昭凯, 等. 中国东南沿海 8 种蛸的齿舌形态学研究 [J]. 水生生物学报, 2009, 33(6): 1210-1213.
Zheng X D, Lin X Z, Wang Z K, et al. Morphological studies of radula of 8 octopuses in the southeast sea waters of China [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2009, 33(6): 1210-1213.
- [19] Nixon M. The radulae of Cephalopoda [J]. Smithsonian Contributions to Zoology, 1998, 586: 39-53.
- [20] Aldrich M A, Barber V C, Emerson C J. Scanning electron microscopical studies of some cephalopod radulae [J]. Canadian Journal of Zoology, 1971, 49(12): 1589-1594.
- [21] Nesis K N. Cephalopods of the World [M]. Neptune city: TFH Publications Inc USA, 1987: 27, 119.
- [22] Liao J X, Lu C C. A new species of *Cistopus* (Cephalopoda: Octopodidae) from Taiwan and Morphology of Mucous pouches [J]. Journal of Molluscan Studies, 2009, 75: 269-278.
- [23] 董正之. 头足类若干结构的形态学比较 [J]. 动物学报, 1993, 39(4): 348-354.
Dong Z Z. Morphological comparison of the several structures of Cephalopods [J]. Acta Zool Sin, 1993, 39(4): 348-354.
- [24] Solem A, Roper C F E. Structures of recent cephalopod radulae [J]. Veliger, 1975, 18(2): 127-133.

A Comparative Study on the Radulae of Loliginidae and Octopodidae

MA Pei-Zhen, ZHENG Xiao-Dong, YU Rui-Hai, WANG Zhao-Ping

(College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Abstract: Morphometric characteristics of groups are used widely to identify cephalopod species. However, some morphometric characteristics are usually affected by the factors such as environmental conditions. Hard structure of cephalopods may be more effective as a discriminatory tool for analyzing variation and identification. As a digestive organ and one of the hard structures, the characteristics and arrangement pattern of radulae of cephalopods vary within species but keep consistent among populations. For this reason, it will be used to identify cephalopod species in this study. This study is based on scanning electron microscopic observation and morphological measurements of six cephalopods, which were collected from Chinese waters. Radulae were firstly obtained with forceps and washed by distilled water to flush away adhesive materials, then immersed in 5%~10% NaOH and boiled in distilled water. Radulae samples were CO₂ critical point dried, then, coated with gold and finally observed under JSM-840 scanning electron microscope. The results show that all the radulae consist of 7 longitudinal rows of teeth: a median tooth and the 1st, 2nd and 3rd lateral or lateral, inner marginal and outer marginal teeth. The radula formula is 3 • 1 • 3. According to the morphological characteristics and arrangement pattern, such as numbers of cusps, shape of marginal plate, loliginids are quite easy to be identified from octopods. Loliginids (*Uroteuthis duvaucelii*, *Loliolus sumatrensis*, *Sepioteuthis lessoniana*) have 3 cusps in the median tooth, and its marginal plate is less developed, which shapes like ellipse. Proportional value of width of the 2nd lateral teeth to median teeth in the three loliginids is quite different, around 0.5, 1.5 and 1.0, respectively, making it apparent feature to compare. The octopods (*Amphioctopus ovulum*, *Cistopus taiwanicus*, *Octopus* sp.) have 3 to 5 cusps in the median tooth and the marginal plate is developed well, which shapes like rectangle. Cusps numbers and arrangements of the median tooth vary in the three octopod species, making them easily identified. The results also indicate that radula structure varies a lot among different species, and it should be thought in the cephalopods taxonomy. Radula is a peculiar digestive organ in Mollusca, which serves for grinding food bitten off from the beak and transferring them into the pharynx. The median teeth of octopods have 3 to 5 sharp cusps, working with the 2nd lateral teeth to grind food; the 1st lateral teeth are smaller, mainly transferring food pieces, but also grinding them. The median teeth and 1st lateral teeth of loliginids have 3 cusps each, serving as grinding food, and the 2nd and 3rd lateral teeth help to prevent food piece from slipping. Different morphological characteristics of radulae will develop a better understanding of food habit of cephalopods.

Key words: Cephalopoda; Loliginidae; Octopodidae; radula; scanning electron microscope; morphology

责任编辑 朱宝象