

嫁 属 2 种的齿舌形态差异分析

钱 伟^{①②} 王一农^{①②*} 陆开宏^{①②} 王家衡^② 刘联国^{①②}

(①宁波大学教育部应用海洋生物技术重点实验室 宁波 315211; ②宁波大学生命科学与生物工程学院 宁波 315211)

摘要:在光镜和电镜下对嫁 (*Cellana toreuma*)和斗嫁 (*C. grata*)的齿舌形态进行观察比较。2种嫁的齿式都为1·1·0·1·1,即具有1枚侧齿和1枚缘齿,缺乏中央齿。齿舌前端都有1小段弯曲,齿片排列松散且存在明显的磨损现象。嫁和斗嫁的侧齿形状很相似,侧齿呈镰刀型且具1个齿尖,基部近似三角形且具突起,齿尖部分细长。两种嫁的缘齿存在一定的差异,嫁缘齿具3个齿尖,第2尖齿靠近第3尖齿。斗嫁缘齿具2个齿尖且比较细长,第2尖齿靠近缘齿基部。本文用17个参数对这两种嫁的齿舌带及其前中后3段上的齿片进行了测量比较,发现斗嫁齿舌带的长宽比明显大于嫁齿舌带的长宽比,即斗嫁的齿舌带显得更加细长。齿舌带前、中、后3段各比例参数的值存在一定的关系,即中段大于前段、中段大于后段。据此认为用齿舌作为2种嫁的分类依据是可行的。

关键词:嫁;斗嫁;齿舌;形态比较

中图分类号:Q954 **文献标识码:**A **文章编号:**0250-3263(2011)01-76-10

Morphological Discrimination of Radula between Two Species of *Cellana*

QIAN Wei^{①②} WANG Yi-Nong^{①②*} LU Kai-Hong^{①②} WANG Jia-Heng^② LIU Lian-Guo^{①②}

(①Key Laboratory of Applied Marine Biotechnology, Ministry of Education, Ningbo University, Ningbo 315211;

②Faculty of Life Science and Biotechnology, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: The radular morphology of *Cellana toreuma* and *C. grata* was observed by optical microscopy and electron microscopy. Without central tooth, the radular formula of two limpets was "1·1·0·1·1", indicating that both had a lateral tooth and a marginal tooth. There was a curve on the firside of radulae where the teeth had loose configuration and had obvious phenomenon of abrasion. The lateral tooth morphology of two limpets was very similar; the lateral tooth was falciform, with a strong cusp, almost triangular base and a protuberance. Part of its cusp was thin. However, there were some differences in tooth morphology between the two limpets: *C. toreuma* had three strong cusps, with the second close to the third. *C. grata* had two cusps, with the second cusp close to its base. The base of two limpets was almost triangular and had a protuberance. Seventeen parameters were used to measure the radular band and the teeth on the anterior, middle and posterior segment of radular band for comparison. There was obvious difference in the ratio of length to width of radular strip, indicating that the radular band morphology of *C. grata* was more thinner. There was a certain relationship between these parameters of three segments of radular band; the ratio of middle segment was greater than that of anterior segment, and the ratio of middle segment was greater than that of posterior segment. It was feasible to use radulae

基金项目 宁波市科技局项目(No. 2008C50027), 宁波大学2010年优秀学位论文培育基金项目(No. PY20100012);

* 通讯作者, E-mail: wyn87934480@163.com;

第一作者介绍 钱伟,男;研究方向:水域生态环境;E-mail: txqianwei1986@163.com。

收稿日期:2010-08-10, 修回日期:2010-11-04

as taxonomic basis of *C. toreuma* and *C. grata*.

Key words: *Cellana toreuma*; *C. grata*; Radular; Morphological comparasion

齿舌 (radula) 是一个特殊的口器, 除双壳类以外的许多软体动物都有, 其基本构造为肉质的突起上有角质化的锯齿, 可刮取石头上的植物或是较软的肉, 是软体动物消化器官的重要组成部分, 是其口球内的一个摄食器官^[1-5]。位于口腔底部的“齿舌囊”内, 一般称之为“齿舌鞘”, 其先端伸出到口腔底部上, 形成一个中央突起部^[6-7]。齿舌上面的齿片, 是由鞘底部少数母细胞分泌形成的, 在这些母细胞的前面有一横列细胞, 专门分泌齿舌的基膜。在这个突起部的内面, 有软骨的组织——齿舌软基, 依附于其底部的有齿舌牵引肌、牵缩肌、齿舌软基牵引肌、牵缩肌, 借助这些肌肉的伸缩, 能使齿舌伸展和收缩、往返地活动, 锉碎食物。平时, 齿舌就收缩在齿舌鞘中^[7-12]。

齿式, 往往是分类学上重要依据之一。齿舌的每一横列的齿片, 总是对称排列着, 位于中央的一枚为中央齿 (central tooth), 位于其两侧而形状相同的为侧齿 (lateral tooth), 较远的两侧为缘齿 (marginal tooth)^[13-15]。为了便于计算和了解这些小齿的排列, 可用表示齿片数目的齿式公式表示, 即缘齿数目·侧齿数目·中央齿·侧齿数目·缘齿数目^[16-19]。

从齿舌角度去研究 类的种间差异及其生长发育和生理特征的研究还很少见。为了给类的摄食生理学、齿舌组织细胞学及分类学研究提供必要的参考资料, 本文对嫁 (*Cellana toreuma*) 和斗嫁 (*C. grata*) 的齿舌形态结构进行了较为详细的研究。

1 材料与方 法

1.1 样本采集 嫁 于 2008 年 7 月 15 日采自嵎泗列岛沿海的中、低潮区 (N30°43', E122°28'), 现保存于宁波大学生命科学与生物工程学院, 壳长 28 ~ 31 mm; 斗嫁 于 2008 年 5 月 19 日采自温州南麂列岛小柴屿的中、高潮区 (N27°27', E121°04'), 现保存于宁波大学生命

科学与生物工程学院, 壳长 31 ~ 35 mm。样本采集后, 用 70% 的酒精固定。

1.2 方 法 解剖 2 种嫁 取出齿舌, 用 5% 的 NaOH 浸泡 24 ~ 48 h, 经蒸馏水冲洗干净后, 用 75% 的乙醇溶液保存在指形管中^[13]。

体视镜下观察整条齿舌带, 小心取下单个侧齿和缘齿, 光学显微镜下分别用 10 倍、40 倍进行细致观察及拍照。

将脱水后的齿舌带用导电胶平贴于扫描电镜的铜台上, 展平齿舌, 干燥后离子溅射涂金 5 ~ 6 nm, 置日立 S3400 型扫描电镜下观察拍照^[10-12]。

1.3 参 数 表 述 为了便于描述, 对齿舌带及齿片的各个部分作了命名, 并且引入了 17 个参数分别对 2 种嫁 的齿舌及齿舌上带的 2 种齿片进行比较。齿舌带全长 (the length of radular band, lrb)、齿舌带宽 (the width of radular band, wrb)、齿舌带前段宽 (the width of anterior segment of radular band, asw)、齿舌带中段宽 (the width of middle segment of radular band, msw)、齿舌带后段宽 (the width of posterior segment of radular band, psw)、侧齿全长 (the length of lateral tooth, ll)、侧齿宽 (the width of lateral tooth, lw)、侧齿尖齿外缘长 (the length of outer lateral tooth, ol)、侧齿尖齿内缘长 (the length of inner lateral tooth, il)、侧齿基部宽 (the width of lateral tooth's base, lbw)、缘齿全长 (the length of marginal tooth, ml)、缘齿宽 (the width of marginal tooth, mw)、缘齿基部宽 (the width of marginal tooth's base, mbw)、缘齿第 1 尖齿内、外缘长 (the length of inner marginal tooth, il; the length of outer marginal tooth, ol)、缘齿第 1 与第 2 尖齿的间距 (the distance between the first and second cusp of marginal tooth, fsd)、缘齿第 2 与第 3 尖齿的间距 (the distance between the second and third cusp of marginal tooth, std) (图 1)。

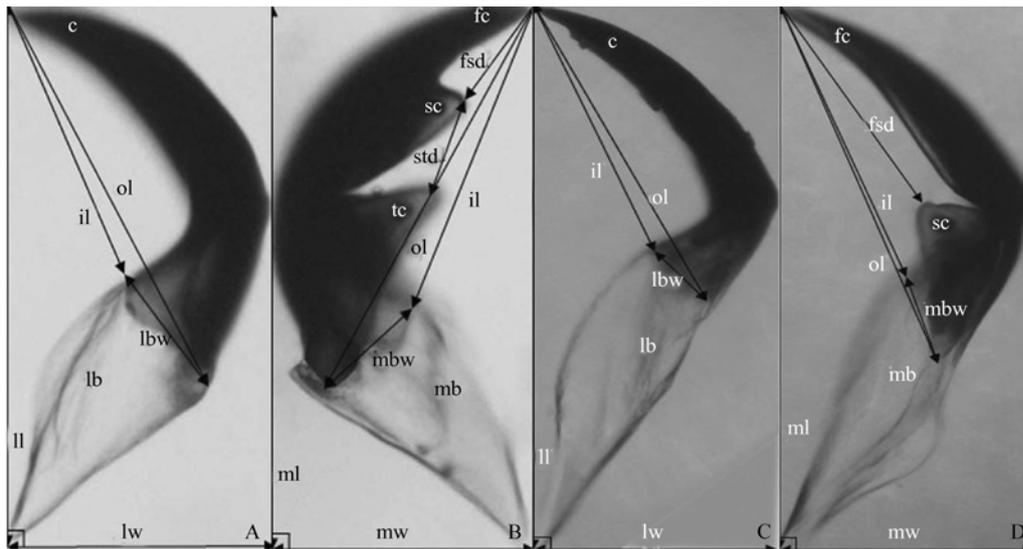


图 1 2 种嫁 的缘齿和侧齿测量参数示意图

Fig.1 Marginal tooth and lateral tooth of two species of Cellana

A: 嫁 的侧齿; B: 嫁 的缘齿; C: 斗嫁 的侧齿; D: 斗嫁 的缘齿。
 fc: 缘齿第一尖齿; sc: 缘齿第二尖齿; tc: 缘齿第三尖齿; mb: 缘齿基部;
 c: 侧齿尖齿; lb: 侧齿基部; 其他缩写已在文中说明。

A: lateral tooth of *C. toreuma*; B: marginal tooth of *C. toreuma*; C: lateral tooth of *C. grata*; D: marginal tooth of *C. grata*.
 fc: the first cusp; sc: the second cusp; tc: the third cusp; mb: base of the marginal tooth; c: cusp of the lateral tooth;
 lb: base of the lateral tooth; other abbreviations have already explained in the thesis.

1.4 数据测量及处理 个体大小和齿舌带长度用游标卡尺测量(SF2000 电子数显卡尺), 齿舌带宽度用校正的目镜测微尺测量, 其他数据直接从拍摄的照片中测量得出。随机选取 2 种嫁 齿舌带前、中、后 3 段解剖完整的侧齿、缘齿各 30 个, 进行观察拍照。用 MB-Ruler 软件对其各参数进行测量。

为了避免由于个体本身大小差异而造成齿舌及齿片的大小差异, 而最终导致测量数据缺乏可比性的问题, 在 14 个参数基础上另外计算出了 11 个比例参数用于比较: $T = lrb/wrb$ (T 为齿舌带全长与齿舌带宽的比值); $U_1 = ll/lw$ (U_1 为侧齿长与侧齿宽的比值); $U_m = ml/mw$ (U_m 为缘齿长与缘齿宽的比值); $V_1 = ol/lw$ (V_1 为侧齿外缘长与侧齿宽的比值); $V_m = ol/mw$ (V_m 为缘齿外缘长与缘齿宽的比值); $W_1 = il/lw$ (W_1 为侧齿内缘长与侧齿宽的比值); $W_m = il/mw$ (W_m 为缘齿内缘长与缘齿宽的比值);

$X_1 = bw/lw$ (X_1 为侧齿基部宽与侧齿宽的比值); $X_m = bw/mw$ (X_m 为缘齿基部宽与缘齿宽的比值); $Y_m = fsd/mw$ (Y_m 为缘齿第 1 与第 2 尖齿的间距与缘齿宽的比值); $Z_m = std/mw$ (Z_m 为缘齿第 2 与第 3 尖齿的间距与缘齿宽的比值)。

2 结果

2.1 齿舌带的形态 2 种嫁 的齿舌在齿舌囊内弯曲成圆形, 其齿式为 $1 \cdot 1 \cdot 0 \cdot 1 \cdot 1$, 即齿舌带两侧各具有 1 枚侧齿和 1 枚缘齿, 缺乏中央齿(图 2)。齿舌带上齿片颜色逐渐变浅至无色一段为后段, 沿着齿舌带向前依次为中段、前段。齿舌带前端都有一小段弯曲, 具有齿片的一面朝向, 由基膜固定。在这段弯曲上的齿片, 无论是侧齿还是缘齿都存在很明显的磨损现象, 表现在侧齿和缘齿尖端变钝, 而且齿片排列松散(图 3A、D)。

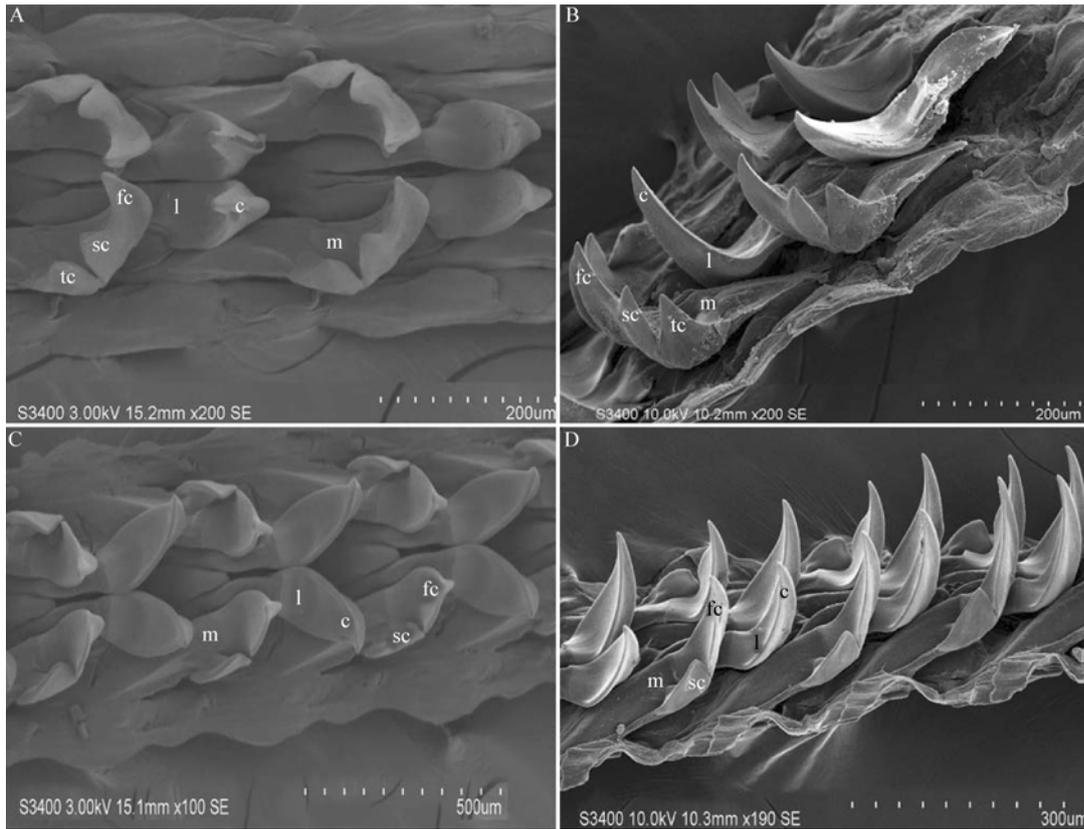


图 2 电镜下的齿舌带

Fig.2 Scanning electron micrographs of the radular band

A、B: 嫁 齿舌带的正面观和侧面观; C、D: 斗嫁 齿舌带的正面观和侧面观。

l: 侧齿; c: 侧齿尖齿; m: 缘齿; fc: 缘齿第 1 尖齿; sc: 缘齿第 2 尖齿; tc: 缘齿第 3 尖齿。

A, B: Frontal and lateral view of *C. toreuma* radular band; C, D: Frontal and lateral view of *C. grata* radular band.

l: Lateral radula; c: Cusp of the lateral tooth; m: marginal radula; fc: The first cusp; sc: The second cusp; tc: The third cusp.

表 1 2 种 齿舌带宽度的比较 (mm)

Table 1 The radular comparison between two species of *Cellana*

种名 Species	样品 Sample	前段宽 asw	中段宽 msw	后段宽 psw	齿舌带宽 wrb	齿舌带全长 lrb
嫁 <i>C. toreuma</i>	1	0.63	0.58	0.54	0.58	53.89
	2	0.62	0.57	0.55	0.57	54.14
	3	0.64	0.58	0.55	0.61	53.52
	4	0.65	0.56	0.53	0.62	54.56
	5	0.63	0.60	0.56	0.61	55.12
	平均值 Average		0.63 ± 0.01	0.58 ± 0.01	0.55 ± 0.01	0.60 ± 0.02
斗嫁 <i>C. grata</i>	1	0.57	0.51	0.45	0.51	100.51
	2	0.58	0.52	0.46	0.52	105.02
	3	0.58	0.53	0.47	0.53	104.64
	4	0.60	0.55	0.46	0.54	106.23
	5	0.59	0.54	0.48	0.54	108.21
	平均值 Average		0.58 ± 0.01	0.53 ± 0.02	0.46 ± 0.01	0.53 ± 0.01

数据结果以“算术平均值 ± 标准差(SD)”表示。表中缩写见文中, 下表同。

Results were presented as the mean ± standard deviation (SD). Abbreviations have already explained in the thesis, same in following table.

齿舌带中段的齿片排列紧密而整齐。侧齿基部由基膜相连接,齿尖向后倾斜重叠排列,因此从正面只能看见侧齿的尖齿结构,而看不见侧齿基部结构。两边的缘齿齿尖向后并对称排列,由于横列上的齿片较少,因此从正面很容易看到侧齿、缘齿的齿尖。齿舌前中段都呈黄色,且齿尖部呈深褐色(图 3B、E)。

齿舌带后段无色且宽度有略微缩小的现象,表明齿片正处于生长之中(图 3C、F)。

2 种 齿舌带 3 段宽的测量结果见表 1,其中 asw、msw、psw、wrb 和 lrb 均为实际大小。在齿舌带各段宽度上,2 种 都呈现出一致结果:asw > msw > psw,即齿舌带从后端向前端逐渐变宽。在整条齿舌带宽度上, 和斗 的值很相近,分别是(0.60 ± 0.02) mm 和(0.53

± 0.01) mm,且接近各自中段的宽度(表 1)。在整条齿舌带长度上,2 种 的值有很大的差异,相比之下,斗 齿舌带的长度相对长得多,约为 的 2 倍(1.93 倍)。

2 种 齿舌带的测量结果见表 2,其中 lrb 和 wrb 均为实际大小。在 T 值上,2 种 差别很大,斗 约为 的 2 倍,属于细长型的齿舌带。在“齿舌带长度/壳高”的比值上, 的比值为 6.85,即整条齿舌带长度为壳高的 7 倍左右;而斗 的比值更大(10.13),即整条齿舌带长度为壳高的 10 倍左右。因此相比之下,斗 的齿舌带就相对比较长些。这与表 1 中所得的结果相一致,斗 齿舌带的长度相对长得多,约为 的 2 倍。

表 2 2 种 齿舌带各参数比较

Table 2 Parameter comparison of the radular band between two species of *Cellana*

种名 Species	样品 Sample	齿舌带全长 lrb (mm)	齿舌带宽 wrb (mm)	齿舌带全长/ 齿舌带宽 lrb/wrb (T)	T 值的平均值 Average of T	齿舌带全长/壳高 lrb/shell height
嫁 <i>C. toreuma</i>	1	50.82	0.54	94.11	89.54 ± 2.88	6.85 ± 0.50
	2	53.52	0.59	90.71		
	3	47.28	0.54	87.56		
	4	46.37	0.53	87.49		
	5	44.80	0.51	87.84		
斗嫁 <i>C. grata</i>	1	100.51	0.51	197.08	198.72 ± 2.33	10.13 ± 0.27
	2	105.02	0.52	201.96		
	3	104.64	0.53	197.43		
	4	106.23	0.54	196.72		
	5	108.21	0.54	200.39		

数据结果以“算术平均值 ± 标准差(SD)”表示。 的实际壳高测量平均值:7.09 mm,实际壳宽测量平均值:23.62 mm,实际壳长测量平均值:30.30 mm;斗 的实际壳高测量平均值:10.36 mm,实际壳宽测量平均值:24.74 mm,实际壳长测量平均值:31.91 mm。

Results were presented as the mean ± standard deviation (SD). The practical mean of *C. toreuma*'s shell height, shell width and shell length was:7.09 mm, 23.62 mm and 30.30 mm, respectively. The practical mean of *C. grata*'s shell height, shell width and shell length was:10.36 mm, 24.74 mm and 31.91 mm, respectively.

2.2 侧齿的形态 2 种 的侧齿呈镰刀型,尖齿部分细长,基部近似三角形且还有小块突起,基部由基膜相连接(图 4A、C)。

斗 的齿尖部明显要比 的齿尖部细长, V_1 值(侧齿外缘长/侧齿宽)接近 1.6,相比

之下 的 V_1 值要小些($V_1 = 1.53$);且其基部也相对“偏瘦”,斗 的 X_1 值(侧齿基部宽/侧齿宽)接近 0.36,而 的 X_1 值约为 0.43(表 3)。

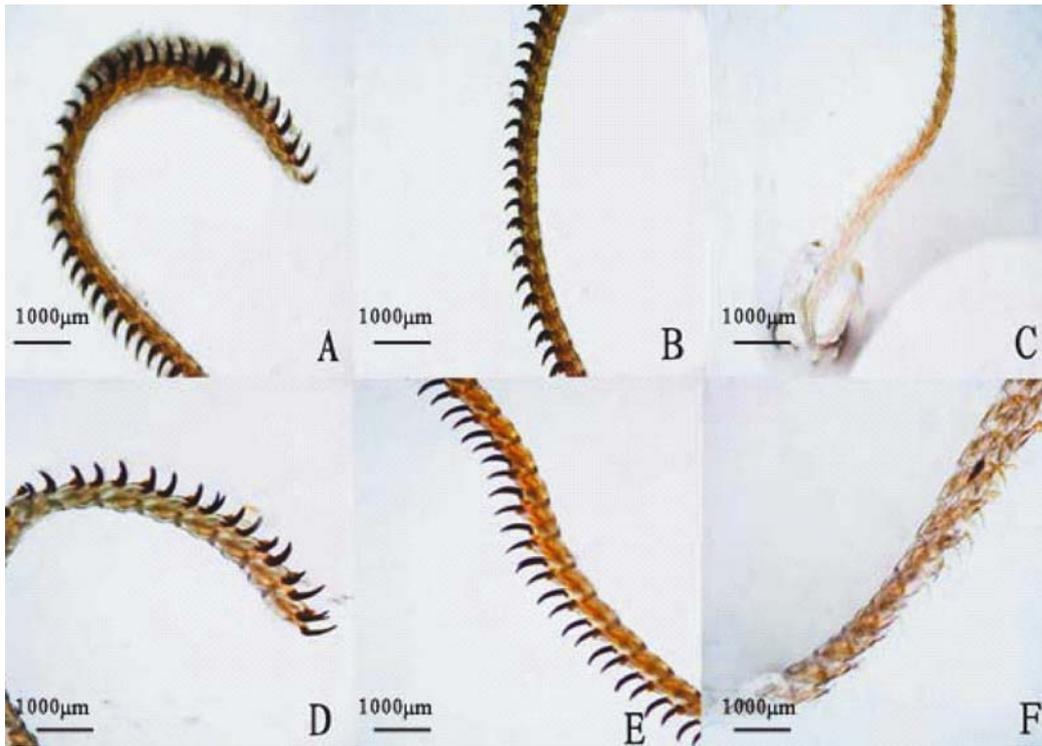


图 3 光镜下 2 种嫁 的齿舌带前、中、后 3 段

Fig. 3 Light micrographs of the anterior, middle, posterior segments of radular band of the two species of *Cellana*

A、B、C: 分别为嫁 齿舌带前、中、后 3 段; D、E、F: 分别为斗嫁 齿舌带前、中、后 3 段。
 A - C: the anterior, middle and posterior segments of *C. toreuma*'s radular band, respectively;
 D - F: the anterior, middle and posterior segments of *C. grata*'s radular band, respectively.

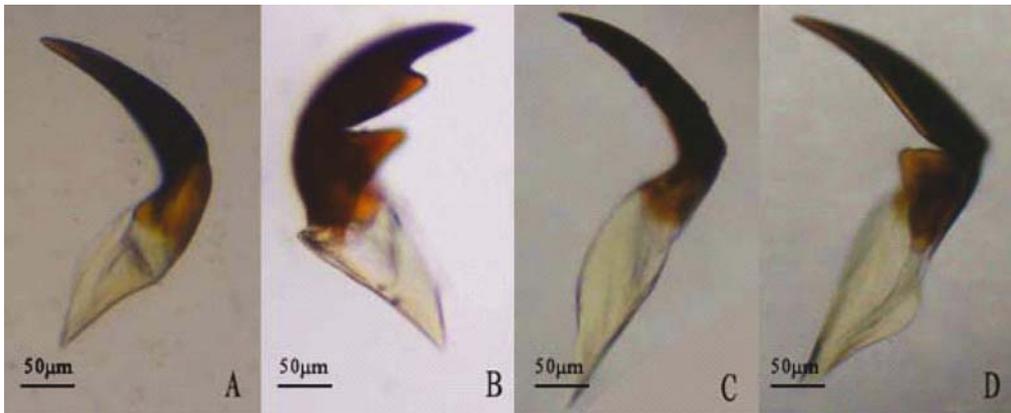


图 4 光镜下 2 种嫁 的侧齿与缘齿

Fig. 4 Light micrographs of lateral and marginal radula of the two species of *Cellana*

A、B: 嫁 的侧齿和缘齿; C、D: 斗嫁 的侧齿和缘齿。
 A, B: the lateral and marginal tooth of *C. toreuma*; C, D: the lateral and marginal tooth of *C. grata*.

表 3 2 种嫁 侧齿各参数的比较 (Mean ± SD, n = 30)

Table 3 Parameter comparison of the lateral teeth between two species of *Cellana*

种名 Species	齿舌带 Radular band	侧齿长/ 侧齿宽 U_1	侧齿外缘长/ 侧齿宽 V_1	侧齿内缘长/ 侧齿宽 W_1	侧齿基部宽/ 侧齿宽 X_1
嫁 <i>C. toreuma</i>	前段 Anterior segment	1.63 ± 0.48	1.53 ± 0.31	1.06 ± 0.39	0.44 ± 0.02
	中段 Middle segment	1.65 ± 0.36	1.55 ± 0.28	1.14 ± 0.53	0.45 ± 0.03
	后段 Posterior segment	1.63 ± 0.28	1.51 ± 0.19	1.13 ± 0.24	0.41 ± 0.18
斗嫁 <i>C. grata</i>	前段 Anterior segment	2.38 ± 0.21	1.57 ± 0.09	1.25 ± 0.18	0.36 ± 0.01
	中段 Middle segment	2.42 ± 0.11	1.59 ± 0.13	1.26 ± 0.05	0.36 ± 0.05
	后段 Posterior segment	2.40 ± 0.08	1.58 ± 0.23	1.24 ± 0.11	0.36 ± 0.04

2 种嫁 齿舌带前中后 3 段侧齿的 4 个比例参数测量结果见表 3。可以发现,2 种嫁 齿舌带前中后 3 段侧齿的 4 个比例参数值非常接近,但是 3 段的 4 个比例参数之间又存在着某种关系,即中段 > 前段、中段 > 后段。如表 3 中的嫁 :中段 V_1 值(1.55) > 前段 V_1 值(1.53) > 后段 V_1 (1.51);表 3 中的斗嫁 :中段 U_1 值(2.42) > 后段 U_1 值(2.40)、中段 U_1 值(2.42) > 前段 U_1 值(2.38)。

2.3 缘齿的形态 嫁 的缘齿具有 3 个强齿,其中最发达的是第 1 尖齿,依次为第 2 尖齿和第 3 尖齿,所有齿都大致呈三角形(图 2B)。斗嫁 的缘齿具有 2 个强齿,其中最发达的是第 1 尖齿,第 2 尖齿相对的比较小且呈等腰三角形。2 种嫁 的缘齿形态基本呈镰刀型,基部近似三角形且还有小块突起,基部由基膜相连接(图 4D)。整个缘齿的背面(齿舌带尖齿面)向腹面(齿舌带反面)有一定程度的弯曲。

在 U_m 值(缘齿长/缘齿宽)上,2 种嫁 就表现出了比较明显差异。嫁 的 U_m 值约为 1.78,即缘齿长是宽的 1.78 倍;而斗嫁 的 U_m 值接近 2.5,即缘齿长是宽的 2.5 倍。所以相对嫁 ,斗嫁 就显得更加细长(表 4)。

2 种嫁 的 Y_m 值(缘齿第 1、2 尖齿的间距/缘齿宽)表现出更加显著的差异。嫁 的 Y_m 值约为 0.46,即第 1 尖齿与第 2 尖齿间的距离是缘齿宽的 0.46 倍,而斗嫁 的 Y_m 值接近 1,即第 1 尖齿与第 2 尖齿间的距离与缘齿宽相当。因此在 Y_m 值上,还是很有比较意义的,至少说明了 2 种 缘齿的形态差异(表 4)。

嫁 的 Z_m 值(缘齿第 2、3 尖齿的间距/缘齿宽)与 Y_m 值虽然比较接近,但是从中可以看出 3 个尖齿彼此之间间距的差异。因 $Y_m > Z_m$,所以缘齿第 1 尖齿与第 2 尖齿的间距要长于第 2 和第 3 尖齿的间距,即第 2 尖齿更加靠近第 3 尖齿(表 4)。

表 4 2 种嫁 缘齿各参数的比较 (Mean ± SD, n = 30)

Table 4 Parameter comparison of the marginal teeth between two species of *Cellana*

种名 Species	齿舌带 Radular band	缘齿长/ 缘齿宽 U_m	缘齿外缘长/ 缘齿宽 V_m	缘齿内缘长/ 缘齿宽 W_m	缘齿基部宽/ 缘齿宽 X_m	缘齿第 1、2 尖齿间距/ 缘齿宽 Y_m	缘齿第 2、3 尖齿间距/ 缘齿宽 Z_m
嫁 <i>C. toreuma</i>	前段 Anterior segment	1.78 ± 0.39	1.60 ± 0.35	1.21 ± 0.31	0.47 ± 0.15	0.45 ± 0.17	0.40 ± 0.09
	中段 Middle segment	1.80 ± 0.47	1.61 ± 0.58	1.22 ± 0.35	0.48 ± 0.19	0.48 ± 0.16	0.37 ± 0.11
	后段 Posterior segment	1.78 ± 0.52	1.56 ± 0.45	1.20 ± 0.26	0.42 ± 0.16	0.45 ± 0.19	0.35 ± 0.12
斗嫁 <i>C. grata</i>	前段 Anterior segment	2.48 ± 0.12	1.63 ± 0.09	1.27 ± 0.11	0.40 ± 0.06	0.97 ± 0.12	
	中段 Middle segment	2.49 ± 0.23	1.66 ± 0.13	1.29 ± 0.05	0.40 ± 0.08	0.98 ± 0.09	
	后段 Posterior segment	2.47 ± 0.31	1.64 ± 0.08	1.27 ± 0.16	0.37 ± 0.08	0.95 ± 0.16	

2 种嫁 齿舌带前中后 3 段缘齿的 6 个比例参数测量结果见表 4。齿舌带前中后 3 段的缘齿在各比例值上虽然彼此很接近,但是 3 段的 6 个比例参数之间存在着一定的关系,即中段 > 后段、中段 > 前段。如嫁 : 中段 X_m 值 (0.48) > 后段 X_m 值 (0.42)、中段 X_m 值 (0.48) > 前段 X_m 值 (0.47); 斗嫁 : 中段 U_m 值 (2.49) > 前段 U_m 值 (2.48)、中段 U_m 值 (2.49) > 后段 U_m 值 (2.47)。

上述关系与齿舌带前中后 3 段侧齿的 4 个比例参数的测量结果相似。即各参数比值都存在着下述关系: 中段 > 前段、中段 > 后段。

3 讨 论

3.1 2 种嫁 的齿舌 2 种嫁 的齿式为 1·1·0·1·1, 即齿舌带每侧具有 1 枚侧齿和 1 枚缘齿, 缺乏中央齿。嫁 的缘齿具有 3 个强齿, 其中最发达的是第 1 尖齿, 其次为第 2 尖齿和第 3 尖齿, 其中第 2 尖齿更靠近第 3 尖齿, 所有齿片都大致呈三角形 (图 2B)。斗嫁 的缘齿具有 2 个强齿, 其中最发达的是第 1 尖齿, 第 2 尖齿相对较小且呈等腰三角形, 相对嫁 的缘齿, 斗嫁 缘齿上的第 2 尖齿距第 1 尖齿较远 (图 4D)。2 种嫁 的侧齿形态基本呈镰刀型, 基部近似三角形且还有小块突起, 基部由基膜相连接 (图 4A、C)。

2 种嫁 齿舌带前中后 3 段的区分: 嫁 齿舌带前中后 3 段的宽度依次为 0.63 mm、0.58 mm、0.55 mm; 斗嫁 齿舌带前中后 3 段的宽度依次为 0.58 mm、0.53 mm、0.46 mm, 即大致上 2 种嫁 齿舌带由前端向后端逐渐变窄。由于后端齿片颜色很浅, 有些甚至为无色。由此可以推测, 应该是齿舌生长的部分。表 3 和表 4 可以看出: U_1 、 V_1 、 M_1 、 X_1 、 U_m 、 V_m 、 M_m 等几个比例参数, 前段的值均小于中段的值, 因此可以推测, 前端齿片存在着严重的磨损情况。相对前后两段, 齿舌中段的齿片排列比较整齐, 磨损情况相对较弱 (图 3B、E)。

嫁 与斗嫁 齿舌带的区分: 嫁 的齿舌带长 54.25 mm, 齿舌带长宽之比接近 90; 斗嫁

的齿舌带长 105 mm, 齿舌带长宽之比接近 200。2 种嫁 齿舌带长与宽的比值很大, 因此均属于细长型齿舌带, 但是斗嫁 显得更加细长 (齿舌带长宽之比接近 200)。2 种嫁 齿舌带各段侧齿、缘齿的几个比例参数的值相比, 斗嫁 齿舌带显得更加“细长” (侧齿: 嫁 齿舌带中段 U_1 值 < 斗嫁 齿舌带中段 U_1 值; 缘齿: 嫁 齿舌带中段 U_m 值 < 斗嫁 齿舌带中段 U_m 值) (图 2A、C)。

由于 2 种嫁 侧齿的形态极其相似, 除了斗嫁 侧齿在外观上更加细长, 其他差异几乎不能直观地观察出来, 所以在选择分类依据时大量采用了比例参数。这不仅对种间差异进行了量化, 使其更有说服力, 而且还避免了由壳体本身大小差异而导致齿片大小差异的问题, 应该还是比较理想的分类依据。

在外形上, 嫁 与斗嫁 比较接近: 嫁 贝壳较低平, 壳长约为壳高的 4 倍, 壳质薄, 半透明, 壳表面具有细密明显的放射肋, 壳面通常呈锈黄色^[19-23]; 斗嫁 壳顶高, 壳长约为壳高的 3 倍, 壳表面具较粗的放射肋, 壳顶端颜色为深褐色, 具褐色白色交替之环带。因此, 在分类时把外形特征与齿舌特征结合起来就能比较准确地把 2 种嫁 区别开来。

3.2 其他原始腹足目种类的齿式比较 迄今为止, 国内外学者对原始腹足目齿舌形态结构的研究主要集中在鲍科与马蹄螺科的相关种属^[24-28]。

刘传琳等^[24]曾对皱纹盘鲍 (*Haliotis discus hannai*) 的齿舌进行了扫描电镜的形态观察, 发现其齿舌较长且呈带状, 齿式为 $\infty \cdot 5 \cdot 1 \cdot 5 \cdot \infty$, 即每排齿列有 1 个中央齿, 中央齿两侧各有 5 个侧齿, 侧齿的外侧为不定数的缘齿构成, 各齿片之间凹凸相嵌; 黄勃等^[25-26]对一些大型经济鲍成体的齿舌也进行了形态观察, 发现杂色鲍 (*H. diversicolor reeve*)、九孔鲍 (*H. d. aquatilis*) 等齿式与皱纹盘鲍一致, 均为 $\infty \cdot 5 \cdot 1 \cdot 5 \cdot \infty$, 只是在齿舌的形态结构上存在种间差异。

李映溪等^[27]对马蹄螺科的锈凹螺 (*Chlorostoma rusticum*)、单齿螺 (*Monodonta*

labio)的齿舌进行了扫描电镜观察,发现两种螺的齿式均为 $\infty \cdot 5 \cdot 1 \cdot 5 \cdot \infty$,属于多缘齿全齿型,只不过锈凹螺的齿舌带具更多的横列数。尽管马蹄螺科的齿式与鲍科相同,但两科之间的齿形相差较大,如马蹄螺科中央齿呈梯形,而鲍科的中央齿呈扇形。

帽贝科的齿式为 $1 \cdot 1 \cdot 0 \cdot 1 \cdot 1$ ^[1,10-12],与上述两科差别较大。由此可见,不同科之间的齿舌类型不同,即使相同,各齿片也存在形态上的差异。同一科内各种之间齿舌的形态、数目和排列方式均有差异。因此,齿式及齿片的形态、数目,在腹足类分类中具有重要意义。

3.3 类齿舌结构与功能的关系 齿舌的前端都具有一小段弯曲的部分,这段弯曲部分上的齿片都存在严重的磨损现象,而且这段齿舌上的缘齿均向外翻,使侧齿的尖齿部分暴露在外。由此推测,类在捕食的时候用肌肉顶住齿舌弯曲的部分,将齿舌送出口腔。由于类是植食性贝类,因此缘齿的外翻和侧齿尖齿部分的暴露使得这些齿片在捕食时充分发挥了作用,大大提高了捕食效率。齿舌中段的齿片排列整齐,也许是为了抓住食物并将其送入食道。齿舌后段齿片变成无色且齿舌宽度变窄,应该是齿舌生长的部分。不断新生的齿舌渐渐向前推移,逐渐替换前段已磨损的齿片,以保证类捕食的效率。

在观察缘齿尖齿的时候,会发现在同一条齿舌带中后段上,有时这些小齿在形态大小上会出现一些差异。Fujioka^[29]发现齿舌形态会随着年龄的增长而变化;齿舌的生长速度和更替速度随着温度的上升而增加;在冬季,齿片会出现畸形且特别细;齿舌一年更换2.0~2.5次,一生更换10~15次。因此排除捕食磨损的可能性以及解剖损坏的可能性之外,还有可能就是齿片还正处在生长之中。

3.4 帽贝类齿舌研究的方向 以齿舌作为类种间的分类依据是具有一定可行性的。本文所做的研究虽然不是非常深入,但是可为今后的研究提供一些参考。今后应该进一步改进类齿舌的研究方法,找出一种能完整分离出齿

片的方法,并且能方便地用扫描电子显微镜对单个齿片进行观察。其次是在不能用直观的外形特征作为分类依据的时候,选择适当的测量参数或比例参数作为分类依据。毕竟,种间的微小差异有时候并不能依靠肉眼的直接观察来发现,这时候就需要数据分析的帮助。

对于齿舌的研究不应该仅仅地停留在把它作为一种分类学上的依据,还应该从齿舌的形态出发去研究类的摄食习性。因为齿舌是消化器官的重要组成部分,而且是最直接参与摄食的器官,因此它的形态特征直接反映了类的摄食习性。除了摄食习性,齿舌的形态还应与其生长发育有关。刘传琳等^[24]推测皱纹盘鲍的稚鲍在人工育苗过程中大量死亡的原因也许与齿舌的磨损脱落及齿舌的发育不良有关。当然类远不及皱纹盘鲍那样有人工育苗的价值,但是却给了我们一点提示,我们可以用类似方法研究齿舌与生长的关系。

随着海运的发达,来自于船舶原油的泄露及沿海工业污染日益严重。类在中国分布比较广且容易采集,可以作为中国海洋污染生物监测的理想指示种。国外在这方面做的工作比较多,包括对帽贝体内重金属元素(Cd, Cu, Zn)积累的研究和用帽贝齿舌中重金属的含量来监测海洋环境等^[13-15]。因此希望通过一系列的研究能对帽贝齿舌中重金属含量的测量方法进一步优化,最好能根据齿舌中重金属的含量来分析及评价周边环境的污染程度,以保护我国的海洋生态环境和确保海洋资源的可持续利用。

4 小结

本文通过在光学显微镜及扫描电镜下对嫁和斗嫁的齿舌形态进行观察比较,得出2种嫁的齿式都为 $1 \cdot 1 \cdot 0 \cdot 1 \cdot 1$,即齿舌带每侧具有1枚侧齿和1枚缘齿,缺乏中央齿。相对嫁,斗嫁的齿舌带显得更加细长。嫁和斗嫁的侧齿形状很相似:侧齿呈镰刀型且具1个齿尖,基部近似三角形且具突起,尖齿部分细长;2种嫁的缘齿存在一定的差异:嫁缘

齿具 3 个齿尖,第 2 尖齿靠近第 3 尖齿。斗嫁缘齿具 2 个齿尖且比较细长,第 2 尖齿靠近缘齿基部。2 种嫁 齿舌带前、中、后 3 段的齿片存在一定的差异,其中前段的齿片有一定的磨损,中段的齿片生长较完好,后段的齿片处于生长期。因此,认为用齿舌作为 2 种嫁 的分类依据是可行的。

参 考 文 献

- [1] 常亚青. 贝类增殖学. 北京: 中国农业出版社, 2007: 7 - 9.
- [2] 蔡英亚, 张英, 魏若飞. 贝类学概论. 上海: 上海科学技术出版社, 1979: 10 - 30.
- [3] 张玺. 贝类学纲要. 北京: 科学出版社, 1961: 25 - 60.
- [4] 陈德牛, 高家祥. 略谈软体动物的齿舌. 生物学通报, 1983, 6: 25 - 26.
- [5] 周峥帧, 沈铭辉, 柯才焕. 不同群体东风螺属齿舌的比较. 厦门大学学报: 自然科学版, 2007, 46(1): 167 - 170.
- [6] 陈广文, 戴晓玲, 朱命炜. 褐带环口螺齿舌的光镜和扫描电镜观察. 动物学杂志, 2005, 35(3): 7 - 9.
- [7] 吴小平, 欧阳珊, 余扬帆. 三种环棱螺贝壳形态及齿舌的比较研究. 南昌大学学报: 理科版, 2000, 24(1): 1 - 4.
- [8] 代欣欣, 沈和定, 冉福. 两种石磺齿舌形态差异分析. 动物学杂志, 2007, 42(5): 149 - 156.
- [9] 陈德牛, 张国庆. 陆生和淡水贝类标本的采集、保存及其外生殖器、齿舌和颞片的制作方法. 植物检疫, 1996, 2: 78 - 81.
- [10] 王耀先, 刘月英, 张文珍. 应用扫描电镜观察螺类齿舌. 生物学通报, 1983, (6): 38 - 40.
- [11] 潘宝平, 周友华, 陈玉芬. 淡水习见腹足类齿舌的研究. 天津教育学院学报: 自然科学版, 1991, 3: 15 - 21.
- [12] 欧阳珊, 吴小平, 舒凤月. 小型腹足类齿舌的扫描电镜观察. 动物学杂志, 2001, 36(5): 2 - 4.
- [13] Nobuhiro K. Occurrence of b-alanine-specific opine dehydrogenase in the muscle of the limpet *Cellana grata* Gould (Archaeogastropoda). Comparative Biochemistry and Physiology: Part B, 1999, 123: 125 - 136.
- [14] Jørgensen A L. Variation in radular teeth and acuspid side of the radula in *Lacuna pallidula*, *L. parva* and *L. vineta* (Gastropoda: Littorinidae) from the Isle of Wight, United Kingdom. Helgol Mar Res, 2001, 55: 95 - 100.
- [15] Davies M S. Metal concentrations in the radula of the Common Limpet, *Patella vulgata* L. from 10 sites in the UK. Ecotoxicology, 2005, 14: 465 - 475.
- [16] 黄凤鹏, 吴宝铃, 蒋南青. 南极菲尔德斯半岛潮间带南极帽贝的种群生态学研究——空间分布图式. 海洋与湖沼, 2000, 31(5): 511 - 517.
- [17] 黄凤鹏, 吴宝铃, 徐汝梅, 等. 南极菲尔德斯半岛潮间带南极帽贝的种群生态学研究——夏季种群数量变化和垂直分布. 海洋与湖沼, 1999, 30(6): 616 - 622.
- [18] 戴聪杰, 何剑锋, 王桂忠. 南极长城湾南极帽贝的营养组成及评价. 极地研究, 2005, 17(4): 279 - 284.
- [19] 王一农, 张永靖. 浙江海滨生物 200 种. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2007: 23 - 25.
- [20] 王志铮, 吴常文. 浙北沿海嫁 一年龄与生长的研究. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2000, 19(4): 316 - 323.
- [21] 张永普. 嫁 肉营养成分的分析. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2002, 21(1): 38 - 40.
- [22] Lu H K. Translocation of ferritin and biomineralization Goethite in the radula of the Limpet *Cellana toreuma* Reeve. Experimental Cell Research, 1995, 219: 137 - 145.
- [23] Davies M S. Movement patterns of the limpet *Cellana grata* (Gould) observed over a continuous period through a changing tidal regime. Marine Biology, 2006, 149: 775 - 787.
- [24] 刘传琳, 郭承华, 崔龙波, 等. 皱纹盘鲍齿舌扫描电镜的形态观察. 烟台大学学报: 自然科学与工程版, 1996, 4: 25 - 30.
- [25] 黄勃, 赵卫华, 彭士明. 中国海大型经济鲍成体齿舌的研究. 海产贝类的集约化苗种培育及养殖, 2001, 4: 109 - 112.
- [26] 黄勃, 赵卫华, 彭士明. 耳鲍与羊鲍齿舌形态结构的研究. 海产贝类的集约化苗种培育及养殖, 2001, 4: 104 - 108.
- [27] 李映溪, 陆敏, 王春华. 大连海产腹足类齿舌的扫描电镜观察. 辽宁师范大学学报: 自然科学版, 1990, 1: 43 - 50.
- [28] 郑小东, 王如才. 中国沿海九种头足类齿舌的形态学. 水产学报, 2002, 6(5): 417 - 421.
- [29] Fujioka Y. Seasonal aberrant radular formation in *Thais bronni* (Dunker) and *T. clavigera* (Küster) (Gastropoda: Muricidae). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1985, 90(1): 43 - 54.