

武陵洞蛭和天目山蛭口吸盘 化学感受器的形态观察

向冬琴[#] 向海洋[#] 颜奥然 殷梓涵 廖金屏 刘志霄^{*}

吉首大学生物资源与环境科学学院 吉首 416000

摘要: 武陵洞蛭 (*Sinospelaeobdella wulingensis*) 和天目山蛭 (*Haemadipsa tianmushana*) 是在武陵山及其周边山区同域分布的两种陆生吸血性蛭类, 前者生活在溶洞内, 后者栖息于溶洞外, 面临着不同的微环境和食物条件。本文对两者的口吸盘进行了超微结构观察, 结果显示: ①在两者的口吸盘上均具有与水生蛭类相似且与觅食有关的化学感受器 (简称“化感器”); ②在武陵洞蛭口吸盘的上唇背缘发现一种圆形大化感器, 直径 (18.04 ± 2.08) μm , 数量约 70 个, 呈带状分布, 与口吸盘上的辐射肋相对应, 这些感受器的中央具感觉纤毛, 单根或 2~4 根成束分布; ③在天目山蛭的口吸盘上发现了两种形态相似但大小不同的圆形化感器, 中央均具有单根和多根成束分布的感觉纤毛。大化感器的直径为 (17.28 ± 1.53) μm , 与武陵洞蛭上唇背缘的大化感器形态、大小和分布位置相似, 数量约为 90 个; 小化感器直径为 (8.08 ± 0.48) μm , 主要分布于口吸盘及其周围的表皮; ④在这两种蛭类口吸盘的表皮上, 均发现可能与黏液分泌有关的孔状结构, 直径为 0.78~1.15 μm 。武陵洞蛭化感器数量相较天目山蛭少, 可能是对洞穴环境长期适应的结果。从超微结构角度对这两种陆生吸血性蛭类口吸盘上与觅食相关的化感器进行观察、比较, 为蛭类功能形态学、觅食行为生态学及适应性进化的深入研究提供了新的资料。

关键词: 武陵洞蛭; 天目山蛭; 口吸盘; 化学感受器; 超微结构

中图分类号: Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2025) 04-561-09

Morphological Observation of Chemoreceptors in the Oral Suckers of *Sinospelaeobdella wulingensis* and *Haemadipsa tianmushana*

XIANG Dong-Qin[#] XIANG Hai-Yang[#] YAN Ao-Ran

YIN Zi-Han LIAO Jin-Ping LIU Zhi-Xiao^{*}

College of Biology and Environmental Sciences, Jishou University, Jishou 416000, China

Abstract: [Objectives] *Sinospelaeobdella wulingensis* and *Haemadipsa tianmushana* are two species of

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 31560130, 32160241), 湖南省自然科学基金项目 (No. 2021JJ30554), 吉首大学研究生科技创新项目 (No. Jdy23089);

***** 通讯作者, E-mail: zxliu1965@163.com;

共同第一作者 向冬琴, 女, 硕士研究生; 研究方向: 动物生态学; E-mail: xdq1212@163.com;

向海洋, 男, 硕士研究生; 研究方向: 动物生态学; E-mail: 3410135448@qq.com。

收稿日期: 2024-11-06, 修回日期: 2025-02-25 DOI: 10.13859/j.cjz.202524257 CSTR: 32109.14.cjz.24257

terrestrial blood-sucking leeches with roughly sympatric distribution in the Wuling Mountain region and surrounding ranges. The former inhabits karstic caves while the latter resides in open environments outside caves, thus facing distinct microhabitat conditions and food availability. **[Methods]** In this study, 2.5% glutaraldehyde fixing solution and anhydrous ethanol gradient dehydration were employed to prepare the samples of *S. wulingensis* from Shuiniu Cave in Jishou City, Hunan Province and the samples of *H. tianmushana* from Hunan Baiyunshan National Nature Reserve in Baojing County, western Hunan Province. The oral suckers of the two leech species were scanned and photographed by scanning electron microscopy (SEM). Image J, Excel, and SPSS 27.0 were used for data measurement and statistical analysis of the observed receptors. The normality of the measured data was assessed by the Shapiro-Wilk test, and the homogeneity of variance was evaluated by the Levene's test. For comparisons between groups, the *t*-test was employed. All data were expressed as mean \pm SD, and $P < 0.05$ was considered statistically significant. **[Results]** The chemoreceptors associated with foraging and feeding of the two leech species were remarkably similar to those found in aquatic leeches. On the dorsal margin of the upper lip of the oral sucker of *S. wulingensis*, approximately 70 round large chemoreceptors with the diameter of $18.04 \pm 2.08 \mu\text{m}$ were distributed in a band, corresponding to the radial ribs on the oral sucker, and the central regions of these receptors contained either solitary or multiple-in-bundle sensory cilia (Fig. 1). In *H. tianmushana*, two types of circular chemoreceptors were identified—similar in morphology but different in size, with the central regions of these receptors containing either solitary or multiple-in-bundle sensory cilia (Figs. 2, 3). The large chemoreceptors had the diameter of $17.28 \pm 1.53 \mu\text{m}$, with similar shape, size, and distribution as those in the dorsal margin of the upper lip of *S. wulingensis*, and their number was about 90 (Fig. 2). In contrast, small receptors, with the diameter of $8.08 \pm 0.48 \mu\text{m}$, were observed mainly in the oral sucker and its adjacent epidermis (Fig. 3). In addition, some pore structures (measuring $0.78 \sim 1.15 \mu\text{m}$, possibly involved in mucus secretion) were observed on the oral sucker epidermis of both species. **[Conclusion]** The number of large chemoreceptors in *S. wulingensis* is lower than that in *H. tianmushana*, which may be the result of long-term adaptation to the cave environment (Figs. 1 - 3). From an ultrastructural perspective, the chemoreceptors associated with foraging in the oral suckers of these two terrestrial blood-sucking leeches are examined and compared, which provides essential data for future studies on functional morphology, foraging behavioral ecology, and adaptive evolution of leeches.

Key words: *Sinospelaeobdella wulingensis*; *Haemadipsa tianmushana*; Oral sucker; Chemoreceptor; Ultrastructure

化学感受器 (chemoreceptor), 通常也简称为“化感器”, 是动物用以感知机体内、外环境中化学信号的感受器的总称, 在动物的觅食、信息交流和躲避天敌等方面具有不可或缺的生理及行为生态作用。蛭类作为一类特殊的营暂寄生生活的环节动物, 雌雄同体, 异体受精, 直接发育, 各发育阶段的形态相似。其身体两端几乎都特化为吸盘, 靠前、后两个吸盘交替

吸附进行爬行或尺蠖状运动, 口通常位于前吸盘的中央, 因此前吸盘也称为口吸盘。蛭类的感受器有多种类型, 但主要分布于吸盘和体表, 用以感受不同的物理和化学刺激 (Sawyer 1986, 杨潼 1996, Lai et al. 2011)。其中, 口吸盘上具有与觅食有关的化学感受器 (Elliott 1986, 1987)。已有的研究表明, 在欧洲医蛭 (*Hirudo medicinalis*) (Elliott 1987)、日本医蛭

(*H. nipponia*)、宽体金线蛭(*Whitmania pigra*) (Miao et al. 2023) 和湖北牛蛭(*Poecilobdella hubeiensis*) (杨潼 2001) 等水生蛭类的口吸盘上及上唇背面都具有与觅食有关且结构相似的化学感受器, 部分种类同时包括“大化感器”(large chemoreceptor) 和“小化感器”(small chemoreceptor) 两种类型 (Elliott 1987)。迄今, 有关蛭类化感器的研究主要集中于水生蛭类, 而对陆生蛭类化感器的研究报道极为少见, 尤其缺乏对陆生洞蛭类化感器的专题报道。

武陵洞蛭(*Sinospelaeobdella wulingensis*) 是中国洞蛭属的模式种 (Huang et al. 2019), 隶属于环节动物门 (Annelida) 蛭纲 (Hirudinea) 无吻蛭目 (Arhynchobdellida) 山蛭科 (Haemadipsidae), 分布于武陵山区及附近区域 (任伯淞等 2020, 吴清姐等 2023), 终生栖息于溶洞的顶壁, 在洞顶壁完成全部生活史, 专一性地吸食洞栖性蝙蝠的血液, 并且其体表色素褪化而透明, 已演化成为真洞穴动物 (troglobite) (Huang et al. 2019, 伍丽艳等 2022, 吴清姐等 2024)。天目山蛭 (*Haemadipsa tianmushana*) 是湖南湘西州境内发现的另外一种蛭, 与武陵洞蛭同属山蛭科, 但为隶属于山蛭属的吸血性陆生蛭类, 也是我国华东、华中、华南和西南地区的常见蛭种, 其体表呈棕褐色, 具条纹, 常见于山区小道旁和潮湿的枯枝落叶层中 (杨潼 1996)。鉴于这两种陆蛭分别栖息于溶洞环境和溶洞外的林间环境, 面临着不同的自然选择压力, 其日常所接受的化学刺激和食物条件明显不同, 我们对其口吸盘上的化学感受器超微结构进行观察, 以期对蛭类动物功能形态学、觅食行为生态学和进化生物学的深入研究提供新的资料。

1 材料与方 法

1.1 标本采集及活体暂养

武陵洞蛭采自中国洞蛭属的模式产地水牛洞 (28°21'32" N, 109°48'51" E, 海拔 379 m)。水牛洞位于武陵山区腹地的湖南省湘西土家族

苗族自治州 (简称湘西州) 吉首市马颈坳镇米坡村李家寨附近, 是典型的喀斯特洞穴 (karstic cave)。天目山蛭采自湘西州保靖县境内的湖南白云山国家级自然保护区 (28°41'40" N, 109°22'03" E, 海拔 898 m)。将采集到的武陵洞蛭活体放入有 1/5 普通饮用水的塑料瓶中, 用多层纱布或布条封住瓶口, 置于人工气候箱 (ZRG-350B, 丙林电子科技有限公司, 上海) 中暂养, 箱内温度设置为 18 °C, 相对湿度为 80%。将采到的天目山蛭活体放入自制的玻璃生态养殖缸中, 用透气纱布封口, 置于室内暂养, 定期倒入普通饮用水保湿。

1.2 样品制备及扫描电镜观察

选取体长相近的天目山蛭 [体长 (27.20 ± 0.52) mm ($n=6$)] 或武陵洞蛭 [体长 (27.84 ± 0.56) mm ($n=6$)] 成体, 将其放入盛有蒸馏水的烧杯中, 采用逐滴法缓慢滴入无水乙醇, 待其呈现静息的放松状态后, 用解剖刀迅速将其头部切下, 随即用 0.1 mol/L 的磷酸缓冲液 (pH = 7.2) 将头部冲洗干净。将处理好的头部样品放入 2.5% 的戊二醛固定液中, 4 °C 过夜固定 (可根据样品大小适当延长固定时间)。将固定好的样品取出, 用磷酸缓冲液清洗 10 min 左右, 再用 1% 四氧化锇室温避光固定 1~2 h。将固定好的样品用 0.1 mol/L 磷酸缓冲液 (pH = 7.2) 清洗 3 次, 每次 10 min。然后, 用梯度乙醇对样品进行逐级脱水 (30%、50%、70%、80%、90%、100%), 每次 30 min。随后进行干燥处理和喷金。利用 S-3400N (日立, 日本) 和 Regulus 8100 (日立, 日本) 场发射扫描电子显微镜 (scanning electron microscopy, SEM) 从不同的角度进行观察, 并逐步增加放大倍数进行局部特定结构聚焦, 重点观察和拍照记录样品口吸盘上化学感受器的形态结构特征。

1.3 数据处理与分析

分别利用 Excel、SPSS 27.0 和 Image J 软件对观察到的化学感受器进行数据测量和统计分析, 并对图片进行优化处理, 数据均以平均值 ± 标准差 (mean ± SD) 表示。

2 结果

2.1 武陵洞蛭口吸盘上化学感受器的种类及分布

在扫描电子显微镜下,对武陵洞蛭的口吸盘[直径(4.15 ± 0.26) mm ($n = 6$)]进行超微结构观察(图 1a)。可见,武陵洞蛭的上唇背缘有一种向内凹陷的结构,将其进行局部放大后发现,这些凹陷大致呈圆形,这种圆形结构即为“大化感器”(图 1b),其直径约为(18.04 ± 2.08) μm ($n = 13$)。感受器在上唇背缘呈带状整齐排列,与口吸盘上背向的辐射肋相对应,每列约有 3 个独立的感受器,总计约 70 个。由于制样过程产生皮肤皱褶,导致感受器的排列位置发生变化而不在一条直线上(图 1c)。对单个感受器进行放大观察,可见其中央稍微向外隆起,四周略微凹陷(图 1d)。感受器的中

央区具有长短不一的感觉纤毛。感觉纤毛呈圆柱状,长约(1.26 ± 0.23) μm ($n = 15$),直径约为 0.15 μm ,其端部略微膨大,单根长纤毛或 2~4 根感觉纤毛成束分布(图 1e)。此外,在感受器的中央区及口吸盘的表皮上发现许多可能具有分泌功能的单个或成对的孔洞,直径(1.03 ± 0.12) μm ($n = 13$)(图 1f)。

2.2 天目山蛭口吸盘上化学感受器的种类及分布

在扫描电子显微镜下,天目山蛭口吸盘[直径(3.94 ± 0.28) mm ($n = 5$)]的整体正面观如图 2a 所示。可见,天目山蛭的上唇背缘具与武陵洞蛭上唇背缘的“大感受器”相似的圆形感受器(图 2b),直径约为(17.28 ± 1.53) μm ($n = 13$),总计约有 90 个,呈带状整齐排列(图 2b),大化感器约 3 个为一列几乎与口吸盘背向的辐

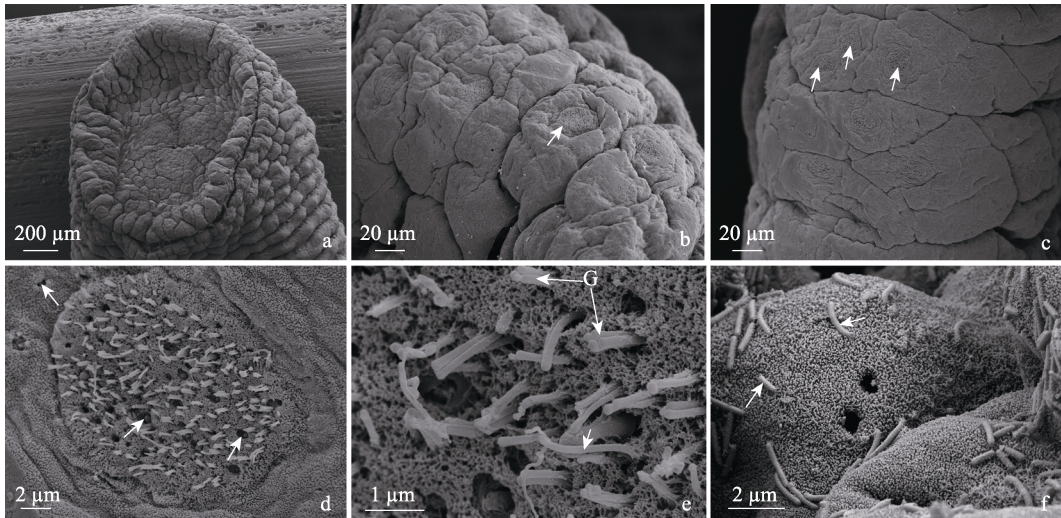


图 1 武陵洞蛭口吸盘及上唇背缘大化学感受器的形态

Fig. 1 Morphology of large chemoreceptors at the dorsal margin of the upper lip of the the oral sucker of *Sinospelaebdella wulingensis*

a. 口吸盘的整体正面观($\times 60$); b. 上唇背缘单个的大化学感受器呈圆形(箭头, $\times 500$); c. 3 个为一列的圆形感受器与辐射肋相对应(箭头, $\times 500$); d. 单个感受器中央区直立的感觉纤毛及孔状结构(箭头, $\times 5\,000$); e. 单根长纤毛(下方箭头)及成束的感觉纤毛(字母 G, $\times 20\,000$); f. 口吸盘表皮上成对的孔状结构及分泌物(箭头, $\times 8\,500$)。

a. Overall frontal view of oral sucker ($\times 60$); b. The single large chemoreceptor on the dorsal margin of the upper lip is circular (arrow, $\times 500$); c. Three circular receptors in a row corresponding to the radial rib of oral sucker (arrow, $\times 500$); d. Erect sensory cilia and pore structures in the central region of a single receptor (arrow, $\times 5\,000$); e. Single long cilia (arrow below) and bundles of sensory cilia (letter G, $\times 20\,000$); f. Paired pore structures and secretions on the epidermis of oral sucker (arrow, $\times 8\,500$).

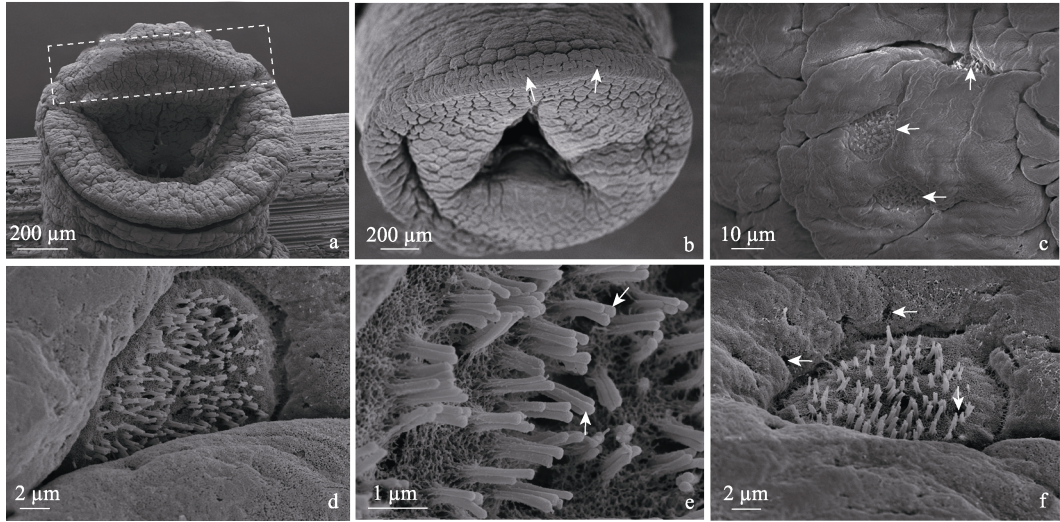


图 2 天目山蛭口吸盘上唇背缘大化学感受器的形态

Fig. 2 Morphology of large chemoreceptors at the dorsal margin of the upper lip of the oral sucker of *Haemadipsa tianmushana*

a. 口吸盘的整体正面观（白色虚线方框是“大化感器”的主要分布区域， $\times 70$ ）；b. 上唇背缘呈带状分布的大化感器，每一列化感器几乎都与口吸盘上背向的一条辐射肋相对应（箭头， $\times 65$ ）；c. 与辐射肋相对应的 3 个大化感器（箭头， $\times 1\ 200$ ）；d. 单个大化感器及其中央区直立的感受纤毛（ $\times 5\ 000$ ）；e. 2~4 根成束的感受纤毛（箭头， $\times 20\ 000$ ）；f. 在大化感器的中央区 and 边缘区呈随机分布的孔状结构（箭头， $\times 5\ 000$ ）。

a. Overall frontal view of oral sucker (the white dotted box is the main distribution area of large chemoreceptors, $\times 70$); b. Large chemoreceptors in zonal distribution along the dorsal margin of the upper lip, almost each column of chemoreceptors corresponding to a radial rib of oral sucker (arrow, $\times 65$); c. Three large chemoreceptors corresponding to the radial rib of oral sucker (arrows, $\times 1\ 200$); d. A single large chemoreceptor and its erect sensory cilia in the central region ($\times 5\ 000$); e. Bundles of 2-4 sensory cilia (arrow, $\times 20\ 000$); f. Randomly distributed pore structures in the central and marginal regions of large chemoreceptors (arrow, $\times 5\ 000$).

射肋相对应（图 2c）。由于样品在固定的过程中会引起皮肤皱缩，圆形结构呈现嵌入皮肤褶皱中的状态（图 2c）。对单个圆形结构进行放大观察，发现其整体稍微向外隆起，四周略呈沟状凹陷（图 2d）。凹陷的中央区具有长短不一的感受纤毛，多见 2~4 根成束状分布，罕见单根纤毛独立存在（图 2e）。感受纤毛大致呈圆柱状，长约 $(1.21 \pm 0.17) \mu\text{m}$ ($n = 15$)，直径约为 $0.14 \mu\text{m}$ ，但游离端稍显膨大。此外，在圆形结构的中央区 and 边缘区均可见呈随机分布的一些圆孔状结构，直径为 $(0.90 \pm 0.12) \mu\text{m}$ ($n = 13$)（图 2f）。

对整个口吸盘边缘及口周表皮（图 3a）进行更细致的观察，发现在口吸盘的边缘及

口周缘表皮上还分布着另一种较小的化感器（图 3b, c）。这种“小化感器”呈稍微凸起的圆形，直径为 $(8.08 \pm 0.48) \mu\text{m}$ ($n = 13$)。其中央区具有单个和成束的感受纤毛，但纤毛多呈束状分布，每根纤毛大致呈圆柱状（图 3d），长度为 $(1.03 \pm 0.35) \mu\text{m}$ ，直径为 $(0.23 \pm 0.03) \mu\text{m}$ ($n = 15$)。此外，在感受器的中央区及口吸盘的表皮上发现有单个或成对分布的孔状结构，直径为 $(0.90 \pm 0.12) \mu\text{m}$ ($n = 13$)（图 3e, f）。

2.3 武陵洞蛭和天目山蛭口吸盘上化学感受器形态特征参数比较

武陵洞蛭和天目山蛭化学感受器中口吸盘上的大化学感受器形态特征参数差异均不显著

(表 1), 但武陵洞蛭大化学感受器与天目山蛭的小化学感受器形态参数差异显著, 尤其感受器的直径和感受器上的纤毛直径差异尤为明显

(表 2)。天目山蛭口吸盘上的大化学感受器与小化学感受器仅纤毛长度无显著差异, 感受器直径和纤毛直径差异明显 (表 3)。

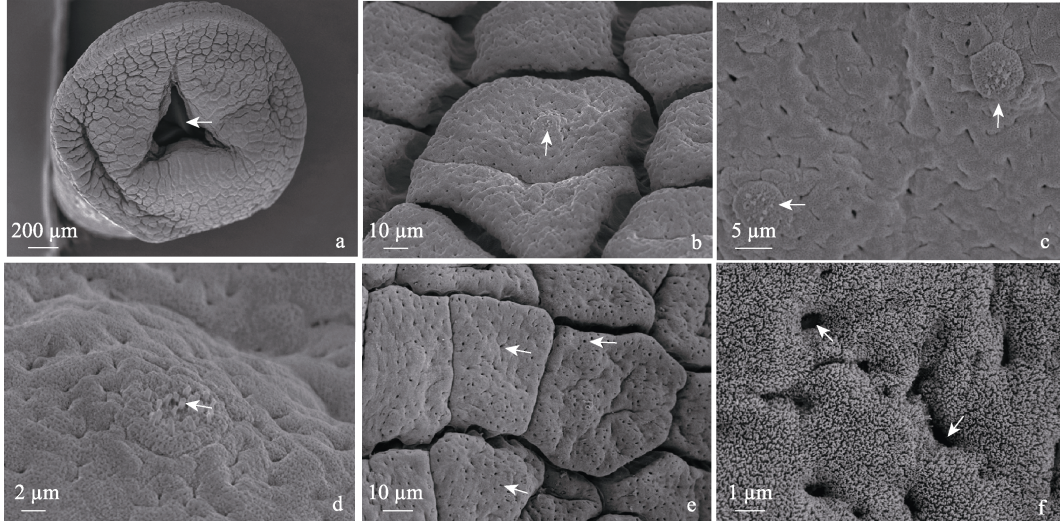


图 3 天目山蛭口吸盘表面及口周缘小化学感受器的形态

Fig. 3 Morphology of small chemoreceptors on the surface and perioral margin of the oral sucker of *Haemadipsa tianmushana*

a. 口吸盘整体正面观, 示类似三角形的口和口咽腔内隐约可见的 3 枚颚片 (箭头, $\times 50$); b. 分布于吸盘边缘内侧表皮的小化学感受器 (箭头, $\times 800$); c. 口周表皮上单个小化学感受器的形态 (箭头, $\times 2\,500$); d. 小化学感受器中央区直立的感受纤毛 (箭头, $\times 4\,000$); e. 口吸盘多边形表皮上的孔状结构 (箭头, $\times 1\,000$); f. 口吸盘表皮上的绒毛及孔状结构 (箭头, $\times 10\,000$).

a. Overall frontal view of oral sucker, showing a triangular mouth and three dimly visible jaws (arrow, $\times 50$) in the oropharyngeal cavity; b. Small chemoreceptors distributed on the epidermis of the medial rim of the oral sucker (arrow, $\times 800$); c. Morphology of a single small chemoreceptor on the perioral epidermis (arrow, $\times 2\,500$); d. Erect sensory cilia in the central region of small chemoreceptors (arrow, $\times 4\,000$); e. Pore structures on the surface of the polygon of the oral sucker (arrow, $\times 1\,000$); f. Villi and pore structures on the epidermis of the oral sucker (arrow, $\times 10\,000$).

表 1 武陵洞蛭大化学感受器与天目山蛭大化学感受器的形特征参数比较

Table 1 Comparison of morphological characteristic parameters of large chemoreceptors between *Sinospelaeobdella wulingensis* and *Haemadipsa tianmushana*

形态特征 Morphological characteristics	样本量 Sample size	武陵洞蛭 <i>Sinospelaeobdella wulingensis</i>	天目山蛭 <i>Haemadipsa tianmushana</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>P</i>
感受器直径 Receptor diameter (μm)	13	18.04 \pm 2.08	17.28 \pm 1.53	1.063	24	0.298
纤毛长度 Cilium length (μm)	15	1.26 \pm 0.23	1.21 \pm 0.17	0.614	28	0.544
纤毛直径 Cilium diameter (μm)	15	0.15 \pm 0.01	0.14 \pm 0.01	1.380	28	0.179

数据以平均值 \pm 标准差表示。*t* 和 *df* 分别表示近似 *t* 检验的结果及自由度。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

Data are expressed as mean \pm SD. *t* and *df* indicate the *t* value and degree of freedom, respectively, of approximate *t* test. $P < 0.05$ represents statistically significant differences.

表 2 武陵洞蛭大化学感受器与天目山蛭小化学感受器的形态特征参数比较

Table 2 Comparison of morphological characteristic parameters between large chemoreceptors of *Sinopelaobdella wulingensis* and small chemoreceptors of *Haemadipsa tianmushana*

形态特征 Morphological characteristics	样本量 Sample size	武陵洞蛭大 化学感受器 Large chemoreceptors of <i>Sinopelaobdella</i> <i>wulingensis</i>	天目山蛭小 化学感受器 Small chemoreceptors of <i>Haemadipsa</i> <i>tianmushana</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>P</i>
感受器直径 Receptor diameter (μm)	13	18.04 ± 2.08	8.08 ± 0.48	16.800	24	< 0.001
纤毛长度 Cilium length (μm)	15	1.26 ± 0.23	1.03 ± 0.35	2.057	28	0.049
纤毛直径 Cilium diameter (μm)	15	0.15 ± 0.01	0.23 ± 0.03	- 10.149	28	< 0.001

数据以平均值 ± 标准差表示。*t* 和 *df* 分别表示近似 *t* 检验的结果及自由度。*P* < 0.05 表示差异有统计学意义。

Data are expressed as mean ± SD. *t* and *df* indicate the *t* value and degree of freedom, respectively, of approximate *t* test. *P* < 0.05 represents statistically significant differences.

表 3 天目山蛭大化学感受器与小化学感受器的形态特征参数比较

Table 3 Comparison of morphological characteristic parameters between large and small chemoreceptors of *Haemadipsa tianmushana*

形态特征 Morphological characteristics	样本量 Sample size	大化学感受器 Large chemoreceptor	小化学感受器 Small chemoreceptor	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>P</i>
感受器直径 Receptor diameter (μm)	13	17.28 ± 1.53	8.08 ± 0.48	20.598	24	< 0.001
纤毛长度 Cilium length (μm)	15	1.21 ± 0.17	1.03 ± 0.35	1.765	28	0.088
纤毛直径 Cilium diameter (μm)	15	0.14 ± 0.01	0.23 ± 0.03	- 12.151	28	< 0.001

数据以平均值 ± 标准差表示。*t* 和 *df* 分别表示近似 *t* 检验的结果及自由度。*P* < 0.05 表示差异有统计学意义。

Data are expressed as mean ± SD. *t* and *df* indicate the *t* value and degree of freedom, respectively, of approximate *t* test. *P* < 0.05 represents statistically significant differences.

3 讨论

动物具备感知化学信号的化感器并非个例, 而是一种普遍现象。化感器不仅存在于吐鲁番沙虎 (*Teratoscincus roborowskii*) (何文凤等 2018)、蒙特石蛭 (*Erpobdella montezuma*) (Blinn et al. 1986)、科氏按蚊 (*Anopheles coluzzii*) (Saveer et al. 2018, Popkin-Hall et al. 2024) 等动物的身上, 也存在于与蛭类亲缘关系较近的多毛类和寡毛类动物, 如沙蚕 (*Arenicola marina*) (Jouin et al. 1985)、赤子爱胜蚓 (*Eisenia foetida*) (Moment et al. 1979) 等的体表。目前, 有关昆虫化感器的研究资料较为丰富, 已知昆虫的化感器形态多样, 主要有毛形感器、刺形感器、锥形感器和栓锥形感器等, 不同物种之间的化感器可能存在形态结

构上的差异, 同种不同性别的个体之间或不同虫态之间也可能存在化感器方面的某些差异 (温衍生等 2008, 刘召等 2010, 马涛等 2013, 向玉勇等 2016)。已有的研究发现, 蛭类动物用于检测化学信号的皮肤外感器主要分布于口吸盘, 呈圆形、“纽扣状”或无规则的斑块状 (Elliott 1986, 1987, 杨潼 2001, Miao et al. 2023), 采用“消融手术”去除口吸盘上具有化感器的表皮后, 会严重影响蛭体对食物的感知能力, 进而影响其觅食 (Elliott 1986, 杨潼 2001)。

觅食行为是动物维持正常生命活动不可或缺的行为活动, 项目组前期的观察发现, 陆生蛭类和水生蛭类的觅食行为模式基本相似, 可大体分为 5 个阶段: 探测周围环境信息、定位寄主或食物的方位、快速运动靠近寄主 (或食物)、接触并确认寄主 (或食物)、从寄主身上

开始吸血（或取食）。在探测、定位和确认食物的过程中，化感器可能起着非常重要的作用。武陵洞蛭和天目山蛭在觅食过程中，都呈现出将口吸盘的上唇部向外突出，头部不停摆动的探测行为，一旦确定寄主（人体或动物体）的方位就会快速地朝寄主方向运动，当食物的方位发生变化时，又会停下来重新探测，再次搜寻目标（杨潼 1996，程小洁等 2022，伍丽艳 2022），这种探测行为也见于海南山蛭（*H. hainana*）（谭恩光等 1994，谭恩光 2008）、斯里兰卡山蛭（*H. Zeylanica*）（杨潼 1996）等陆生吸血性蛭类。然而，不同的蛭种或同一蛭种的不同种群或个体也会由于生境、觅食倾向（饥饿程度）、食物可利用性及食物质量等方面的差异而呈现觅食行为状态上的差别（杨潼 1996，Lai et al. 2011，程小洁等 2022，伍丽艳 2022，Miao et al. 2023）。

水蛭化感器的分布位置基本相似，主要分布在上唇背缘及口吸盘，也有一些（如 *Cylicobdella coccinea*）除了上唇背缘以外，在口吸盘邻近的体环上也有分布（Sawyer 1986）。化感器多呈圆形或“纽扣状”，其中央区具有圆柱状的感觉纤毛，也有一些感觉纤毛在口吸盘上呈月牙状（Khan et al. 1981）。本研究发现，在武陵洞蛭和天目山蛭口吸盘上唇背缘上呈带状分布的“圆形结构”（大化感器）与 Blinn 等（1986）描述的蒙特石蛭口吸盘上唇背缘上呈“纽扣状”的化感器相似。在天目山蛭口吸盘及口周发现的小圆形感受器（小化感器）与在蒙特石蛭（Blinn et al. 1986）、欧洲医蛭（Elliott 1987）和日本医蛭（Miao et al. 2023）等水生蛭类口吸盘上发现的小型“纽扣状”化感器在外观和量度（8~10 μm）上相近。蒙特石蛭和宽体金线蛭口吸盘上唇背缘大化感器的数量（40~50 个）略少于武陵洞蛭和天目山蛭，而欧洲医蛭上唇背缘大化感器的数量（约 150 个）又远超武陵洞蛭和天目山蛭等蛭类。由此我们认为，口吸盘上唇背缘大化感器的数量可能与物种本身、环境的复杂程度以及生活习性等有

关。天目山蛭上唇背缘上大化感器的数量明显多于武陵洞蛭，出现这一现象的原因可能是洞外陆生环境的复杂性显著大于溶洞顶壁的简单环境。

天目山蛭广泛分布于我国南方山区的林间小道、灌草丛、溪沟边、竹林、枯枝落叶层、朽木和石块等各种潮湿生境中，可随机吸食同域分布的两栖类、野生哺乳类、家畜等动物以及路人身上的血液，同时面临着光照、温度、湿度、降雨、干旱、天敌和隐藏条件等生态环境因子的周期性及随机性变化，因此其口吸盘上唇背缘的化感器数量较多，对外界刺激反应灵敏，运动非常迅速，可在数秒之内吸附在路人或路过的动物身上。如前所述，武陵洞蛭终生生活在溶洞的顶壁，专门吸食洞栖性蝙蝠的血液以维持生存（吴清姐等 2024），溶洞深处虽终年黑暗潮湿，但温湿度等气象或气候因子相对稳定，并且许多溶洞内全年都有一定数量，甚至可能多达成千上万的蝙蝠在洞顶壁日眠或冬眠，因此洞蛭的食物条件也相对稳定（廖阳等 2014，吴涛等 2018，刘志霄 2021）。在各种生态因子相对稳定而又非常开阔的洞顶壁长期适应性进化的结果必然是武陵洞蛭的化感器比洞外的天目山蛭显著减少。

但是，目前还没有直接证据证明，具备大化感器和小化感器两种化感器的蛭类，是只有其中一种感受器发挥作用，还是两种感受器同时发挥作用，甚或两者顺序性地发挥作用（Elliott 1986，杨潼 2001，Miao et al. 2023）。吸盘上的感受器除了具有感觉化学信号的能力以外是否还具有感觉其他信号的能力，尚不清楚。此外，武陵洞蛭上唇背缘化感器中央具有较长的单根感觉纤毛，这些单根长纤毛的功能及其适应意义也有待深入研究。

参 考 文 献

- Blinn D W, Wagner V T, Grim J N. 1986. Surface sensilla on the predaceous fresh-water leech *Erpobdella montezuma*: possible importance in feeding. *Transactions of the American*

- Microscopical Society, 105(1): 21–30.
- Elliott E J. 1986. Chemosensory stimuli in feeding behavior of the leech *Hirudo medicinalis*. *Journal of Comparative Physiology A*, 159(3): 391–401.
- Elliott E J. 1987. Morphology of chemosensory organs required for feeding in the leech *Hirudo medicinalis*. *Journal of Morphology*, 192(2): 181–187.
- Huang T F, Liu Z W, Gong X Y, et al. 2019. Vampire in the darkness: a new genus and species of land leech exclusively bloodsucking cave-dwelling bats from China (Hirudinda: Arhynchobdellida: Haemadipsidae). *Zootaxa*, 4560(2): 257–272.
- Jouin C, Tchernigovtzeff C, Baucher M F, et al. 1985. Fine structure of probable mechano- and chemoreceptors in the caudal epidermis of the lugworm *Arenicola marina* (Annelida, *Polychaeta*). *Zoomorphology*, 105(2): 76–82.
- Khan R A, Emerson C J. 1981. Surface topography of marine leeches as revealed by scanning electron microscopy. *Transactions of the American Microscopical Society*, 100(1): 51–55.
- Lai Y T, Chen J H, Lee L L. 2011. The chemosensory ability of the predatory leech *Whitmania laevis* (Arhynchobdellida: Haemopidae) for prey searching. *Chemoecology*, 21(2): 67–74.
- Miao Y X, Guo Q S, Shi H Z, et al. 2023. Study on foraging mechanism of leeches with different feeding habits based on chemoreception and foraging behavior. *Invertebrate Biology*, 142(1): e12390.
- Moment G B, Johnson J E Jr. 1979. The structure and distribution of external sense organs in newly hatched and mature earthworms. *Journal of Morphology*, 159(1): 1–15.
- Popkin-Hall Z R, Slotman M A. 2024. The role of the major chemosensory organs in the host-seeking activity of *Anopheles coluzzii* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 61(4): 861–868.
- Saveer A M, Jason Pitts R, Ferguson S T, et al. 2018. Characterization of chemosensory responses on the labellum of the malaria vector mosquito, *Anopheles coluzzii*. *Scientific Reports*, 8(1): 5656.
- Sawyer R T. 1986. *Leech Biology and Behaviour*. Oxford: Clarendon Press, 1–417.
- 程小洁, 徐金屏, 金银霜, 等. 2022. 天目山蛭 PAE 行为谱的初步研究. *世界生态学*, 11(3): 217–233.
- 何文凤, 段振渊, 时磊. 2018. 吐鲁番沙虎对不同食物化合物的反应. *四川动物*, 37(2): 179–184.
- 廖阳, 闫荣玲, 李金亮, 等. 2014. 永川城郊蝙蝠晚间活动节律初探. *四川动物*, 33(2): 224–228, 233.
- 刘召, 花保祯. 2010. 昆虫对气味信息素的感受机制. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 38(11): 186–192, 200.
- 刘志霄. 2021. *洞穴生物学*. 北京: 科学出版社, 1–255.
- 马涛, 孙朝辉, 李奕震, 等. 2013. 麻棘蛙斑蝥幼虫虫头及化学感受器结构观察. *北方园艺*, (24): 119–122.
- 任伯淞, 黄太福, 伍丽艳, 等. 2020. 四川省邻水县发现武陵洞蛭. *四川动物*, 39(6): 679–683.
- 谭恩光. 2008. 中国蛭类动物生态地理类群特征及其防护医用研究进展. *生态学报*, 28(12): 6272–6281.
- 谭恩光, 陈晶, 黄立英, 等. 1994. 海南山蛭 *Haemadipsa hainana* 的行为及其生态学意义. *海南大学学报: 自然科学版*, 12(1): 25–32.
- 温衍生, 赵冬香. 2008. 豇豆荚螟触角感器扫描电镜观察. *热带作物学报*, 29(4): 525–529.
- 吴清姐, 黄太福, 兰香英, 等. 2023. 贵州省首次发现武陵洞蛭. *世界生态学*, 12(1): 94–100.
- 吴清姐, 向冬琴, 向海洋, 等. 2024. 基于血餐 iDNA 技术对武陵洞蛭专吸蝠血性的研究. *生命科学研究*, 28(3): 247–257.
- 吴涛, 龚小燕, 黄太福, 等. 2018. 湘西州洞栖性蝙蝠物种多样性的初步调查. *野生动物学报*, 39(4): 775–781.
- 伍丽艳. 2022. 武陵洞蛭种群动态及行为生态的初步研究. 吉首: 吉首大学硕士学位论文.
- 伍丽艳, 刘力, 任伯淞, 等. 2022. 基于 PAE 编码系统对武陵洞蛭行为谱的初步研究. *生命科学研究*, 26(3): 239–246.
- 向玉勇, 徐莉, 杨茂发, 等. 2016. 金银花尺蠖幼虫虫头化学感受器扫描电镜观察. *植物保护学报*, 43(2): 288–292.
- 杨潼. 1996. *中国动物志: 环节动物门·蛭纲*. 北京: 科学出版社, 1–259.
- 杨潼. 2001. 吸血水蛭化学感受器的特异性. *生物学通报*, 36(12): 8–9.