

拟环纹豹蛛附肢体毛感受器的扫描电镜观察

汪波^{①②} 黄婷^① 刘金^② 黄欣怡^② 谭昭君^① 颜亨梅^{①②*}

① 湖南师范大学生命科学学院 长沙 410081; ② 北京师范大学珠海分校 珠海 519087

摘要: 通过对拟环纹豹蛛 (*Pardosa pseudoannulata*) 附肢体毛 (触毛、听毛、味觉感觉毛) 的扫描电子显微镜观察, 发现拟环纹豹蛛的触毛与体表形成的角度为锐角, 触毛粗大, 毛干较挺立, 周围有绒毛环绕, 触毛主要分布在蜘蛛体触肢的跗节、胫节和步足的跗节、胫节、端部处, 其中第一步足分布最多, 其数量较听毛和化学感觉毛多。拟环纹豹蛛的听毛细而长, 基本垂直于表皮, 毛囊深窝有褶皱, 听毛主要分布于触肢和第四步足的胫节上, 其余腿节分布较少, 不同部位的听毛在形态、长度上没有太大的差别。拟环纹豹蛛的味觉感觉毛基部四周有微微隆起的圆形毛囊, 味觉感觉毛大于听毛又小于触毛, 四周被绒毛环绕, 主要分布于蜘蛛的第一步足和第二步足的跗节胫节处, 在触肢和螯肢也有少量分布。

关键词: 拟环纹豹蛛; 感受器; 触毛; 听毛; 化学感觉毛; 扫描电子显微镜

中图分类号: Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2015) 06-940-07

Observation on the Hair Sensors of *Pardosa pseudoannulata* by Scanning Electron Microscopy

WANG Bo^{①②} HUANG Ting^① LIU Jin^② HUANG Xin-Yi^②
TAN Zhao-Jun^① YAN Heng-Mei^{①②*}

① *Life Science College, Hunan Normal University, Changsha 410081*; ② *Beijing Normal University, Zhuhai Campus, Zhuhai 519087, China*

Abstract: Spider is sensitive to various stimuli. To understand spider's sensing mechanism, the hair sensors (tactile hair, trichobothrium, gustatory hair) of *Pardosa pseudoannulata* were observed by scanning electron microscopy (SEM). The results indicated that tactile hair formed an acute angle with the surface of spider body. The base of tactile hair was surrounded by hair follicles. Tactile hair was big, thick, and straight, with villus around (Fig. 1). Most of tactile hairs distributed on the tarsus and tibia of appendages, especially on the first leg. The quantity of tactile hairs was more than that of trichobothria or gustatory hairs. There was obvious difference between trichobothrium and other hairs. The distinct character of trichobothrium was thin and long and mostly perpendicular to the epidermis; also, the hair follicle of trichobothrium was like a deep

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 31172107), 湖南省研究生科研创新项目 (No. CX2014B198);

* 通讯作者, E-mail: yanhm03@126.com;

第一作者介绍 汪波, 男, 博士研究生; 研究方向: 动物学; E-mail: wangbozai@163.com。

收稿日期: 2015-01-15, 修回日期: 2015-06-07 DOI: 10.13859/j.cjz.201506013

pit, with folds (Fig. 2). The result of scanning electron microscope observation indicated that less trichobothria fell off, and that the hair base and body might be firmly combined. Trichobothria were mainly distributed on the fourth leg and the pedipalps, while less was distributed on the rest of femur. Usually, the base of gustatory hair had a slight bulge around the round hair follicles, while there was a slight curve on the top of gustatory hair (Fig. 3). Gustatory hairs were mainly distributed on the first and second legs, and a few gustatory hairs were located in pedipalps and chelicera.

Key words: *Pardosa pseudoannulata*; Sensors; Tactile hair; Trichobothrium; Gustatory hair; Scanning electron microscope

自然界的蜘蛛主要有游猎型、织网型、穴居型等类型。游猎型蜘蛛是指不结网,而是通过四处游走和伪装来获取猎物的蜘蛛。拟环纹豹蛛 (*Pardosa pseudoannulata*) 隶属蜘蛛目狼蛛科,属于游猎型蜘蛛,广泛分布于我国。拟环纹豹蛛雌蛛体长 10 ~ 12 mm,雄蛛体长 8 ~ 9 mm,体色为灰褐色,主要栖息地在田间和草丛中 (刘雨芳等 2003),是田间害虫的捕食天敌之一,捕食亚洲玉米螟 (*Ostrinia furnacalis*) 幼虫 (田耀加等 2012) 和斜纹夜蛾 (*Prodoxoptera litura*) 幼虫 (田耀加等 2011) 等,对农作物的生产和保护具有重要作用。

蜘蛛常见的体表感受器有体毛感受器、裂缝器、跗节器、单眼。体毛感受器又分为触毛、听毛、化学感觉毛 (味觉毛)、刺。裂缝器又分为单个裂缝感受器和多个裂缝器形成的琴形器 (肖永红等 2011),其功能主要用于捕食、逃避敌害、寻找配偶等。到现在为止,有不少学者报道了体毛感受器的相关研究,一些学者的研究表明,拟环纹豹蛛能通过嗅觉来辨别白背飞虱 (*Sogatella furcifera*) 所在方向,从而进行捕食 (舒迎花等 2005)。Barth (2000) 指出,蜘蛛的听毛能够感受气流震动和物体发出的声波,一旦猎物在蜘蛛附近移动,则产生气流或者声波,将被蜘蛛锁定而猎食。有一种游猎型蜘蛛 *Cupiennius salei* 的雄蛛能够通过其触肢的感觉细胞受体即味觉感受器来识别雌蛛释放的性信息素 (Tichy et al. 2001)。由此可见,蜘蛛的体表感受器对捕食猎物、生态环境、雌雄交配之间的联系是至关重要的。

虽然到目前为止已有相当多关于感受器的研究成果,但是对拟环纹豹蛛的体表感受器的扫描电镜观察却很少。为了更深入地研究其体表感受器对害虫的捕食和自身求偶繁衍后代的作用,本文对其感受器超微结构形态、分布、数量进行观察,并对比已研究的北京幽灵蛛 (*Pholcus beijingensis*) (肖永红等 2011)、施密特单柄蛛 (*Haplopelma schmidtii*) (陈道海等 2004) 等蜘蛛体表超微结构,为蜘蛛体毛感受器研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 拟环纹豹蛛的采集与饲养

拟环纹豹蛛采集于珠海水稻田间 (22°15'253"N, 114°12'314"E)。将采集的成熟蜘蛛分装于透明玻璃盒内饲养。

1.2 标本制备方法

用乙醚处死备用蜘蛛,以 0.65% NaCl 溶液反复冲洗蜘蛛的体表。取拟环纹豹蛛雌雄各 3 只放入预冻的 2.5% 戊二醛溶液中浸泡,4℃ 冰箱中过夜。用 0.1 mol/L (pH 7.4) 磷酸盐缓冲液清洗浸泡一夜后的拟环纹豹蛛 4 次,每次 15 min。用系列梯度的乙醇 (30%、50%、70%、80%、90%、100%) 脱水,由低浓度到高浓度,每种浓度的乙醇浸泡 2 次,每次 15 min。临界点干燥法干燥。用真空喷镀法镀金。用 JSM-6360LV 扫描电子显微镜观察所制备的样本。

2 结果

2.1 触毛的形态与分布

2.1.1 触毛的形态 触毛比大部分体毛粗，从基部向末端方向逐渐变细，基部和末端大小差别较大。触毛毛干通常较直，表面有绒毛环绕（图1a, b）。触毛基部被圆形的毛囊紧紧包围，毛囊深处的表面有鳞片状突起，毛囊四周又有环形的凹槽环绕（图1a）。拟环纹豹蛛的触毛与体表所形成的角度为锐角（图1b），相比大多数体毛与体表所形成的角度大小差别不大，但是其形态特征却与体毛有明显的差别。

2.1.2 触毛的分布 拟环纹豹蛛触毛分布在触肢的跗节、胫节和步足的跗节、胫节、端部，其中第一步足和触肢分布数量最多，螯肢、第二步足、第三步足、第四步足次之，其他部位最少（图1c, d）。雌雄蛛的触毛分布部位基本

相同。

2.2 听毛的形态与分布

2.2.1 听毛的形态 拟环纹豹蛛的听毛细而长，毛干基本垂直于体表，毛干四周有绒毛，基部一侧是隆起的毛囊，隆起部位表面光滑，与另一侧相比隆起幅度高（图2a），毛囊的中间是一个深窝，听毛从深窝中伸出。毛囊周缘与听毛间的空隙较大，毛囊窝的一侧有多个明显的褶皱（图2a, b）。听毛的毛干从基部到端部粗细变化不大，小于触毛的变化程度。听毛长度通常大于触毛和味觉毛，听毛长而纤细，与其他体毛有明显的区别（图2c ~ f）。扫描电镜观察发现，许多体毛有脱落的现象，但听毛较少脱落，说明听毛基部与体表结合比较牢固。

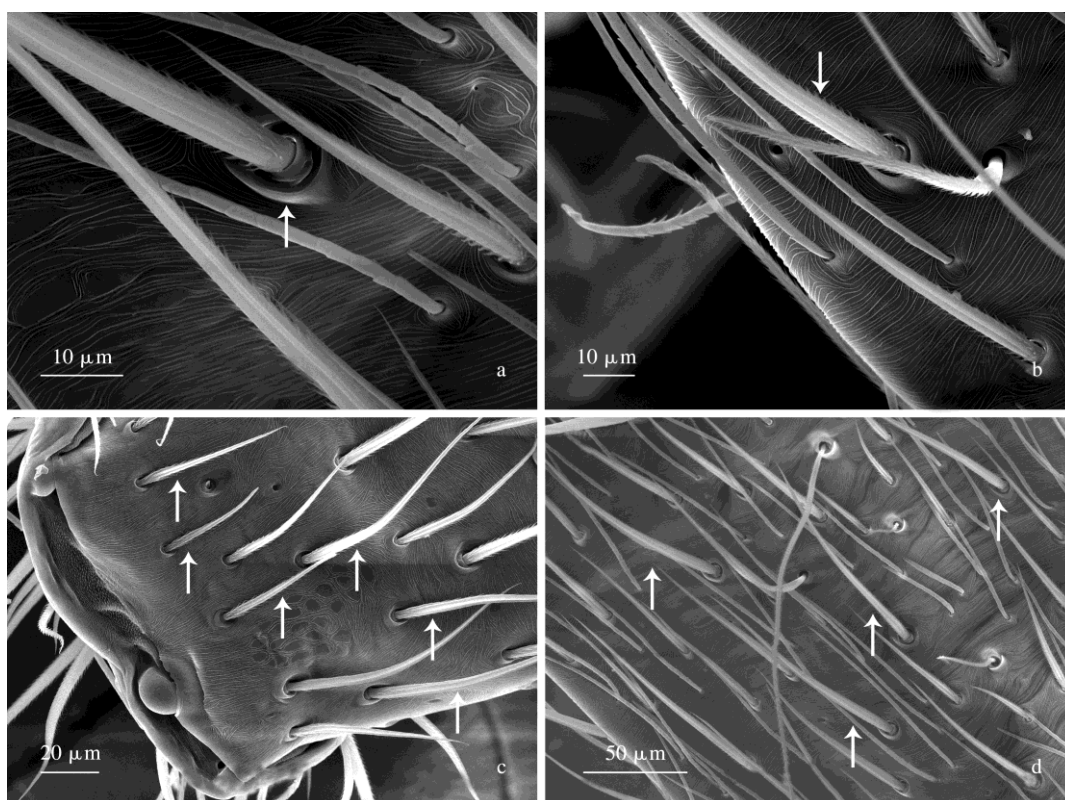


图1 触毛扫描电镜结构

Fig. 1 SEM results of tactile hair

a. 触毛毛囊 (×2 000); b. 触毛表面绒毛的排布 (×1 300); c. 第二步足胫节跗节关节处的触毛 (×700); d. 触肢上的触毛 (×500)。箭头指向触毛。

a. Hair follicle of the tactile hair (×2 000); b. The villus's arrangement like vertical distribution of the tactile hair (×1 300); c. Tactile hairs on tibia of the second left leg (×700); d. Tactile hairs on the pedipalp (×500). Arrows point to tactile hairs.

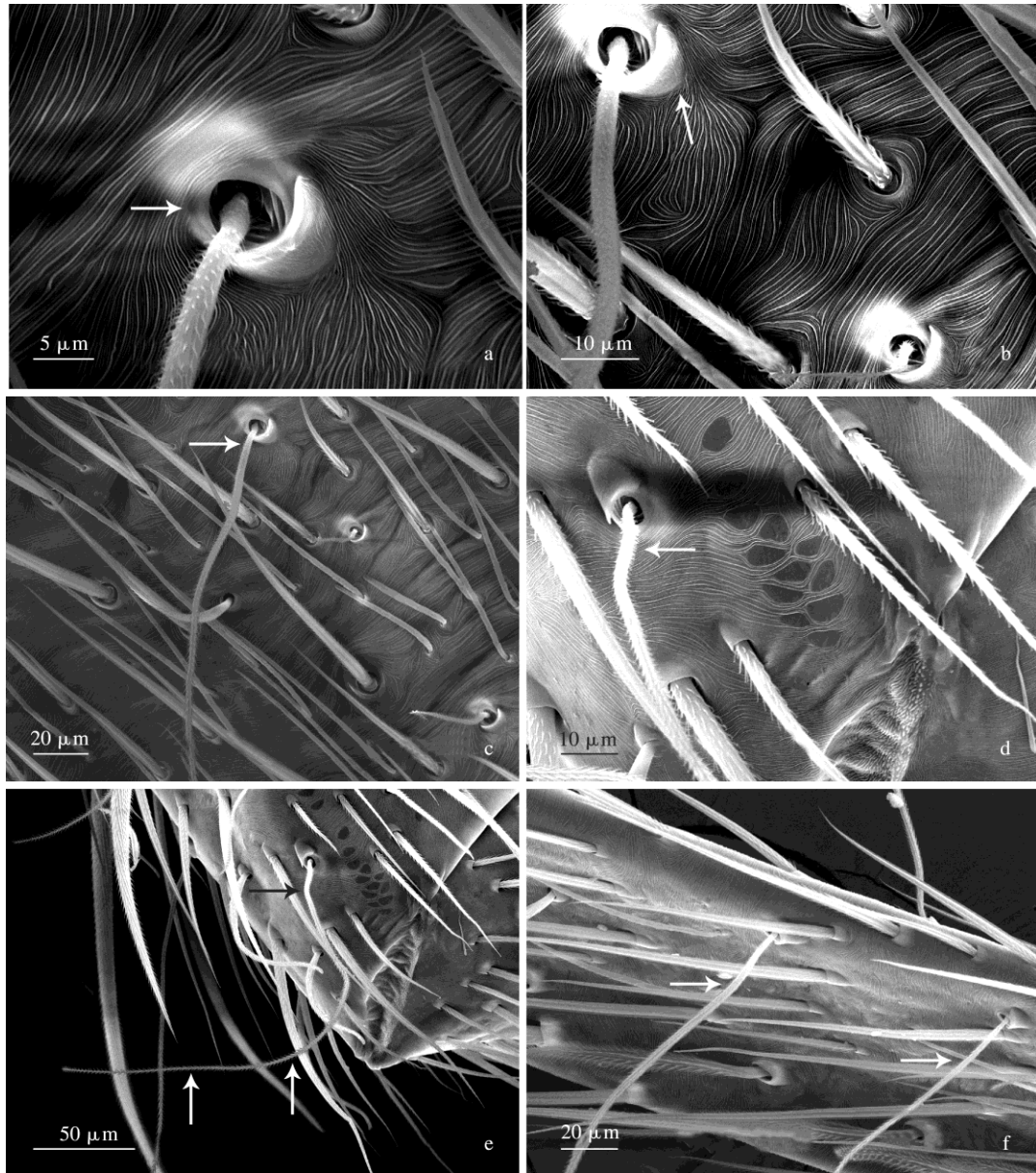


图2 听毛扫描电镜结构

Fig. 2 SEM results of trichobothrium

a. 触肢听毛毛囊 (× 3 000); b. 触肢听毛毛囊 (× 2 000); c. 触肢听毛 (× 700); d. 触肢胫节跗节处的听毛 (× 1 300); e. 触肢听毛 (× 500); f. 第四步足胫节处的听毛 (× 700)。箭头指向听毛。

a. Hair follicle of trichobothrium on the pedipalp (× 3 000); b. Hair follicles on trichobothrium on the pedipalp (× 2 000); c. Trichobothria on the pedipalp (× 700), arrows point to trichobothria, the same below; d. Trichobothria on the tibia of the pedipalp (× 1 300); e Trichobothria on the pedipalp (× 500); f. Trichobothria on the tibia of the fourth leg (× 700). Arrows point to trichobothria.

2.2.2 听毛的分布 听毛主要分布于触肢和第四步足的胫节上，其次分布在第一步足，其余腿节有少量分布，不同部位的听毛在形态、长

度上基本相同。雌蛛与雄蛛的听毛形态和长度差异不大，雌性听毛的分布部位也主要在胫节处。

2.3 味觉感觉毛的形态与分布

2.3.1 味觉感觉毛的形态 拟环纹豹蛛的味觉感觉毛基部四周有微微隆起的圆形毛囊，有些味觉感觉毛的隆起部位较均匀(图3a)，而听毛的毛囊基本都是单侧隆起，毛囊中间凹陷。味觉感觉毛的直径大于听毛而小于触毛，毛干壁密被绒毛，但其基部没有绒毛，其顶端略微弯曲。在跗节与胫节处的味觉感觉毛较密集，毛干较短，绒毛较浓密，顶端稍微弯曲，而分布于其他腿节的味觉感觉毛较长，非常稀疏，在离顶端较远的部位或靠近基部的部位开始弧形弯曲，成大抛物线型，绒毛量也较胫节跗节处的味觉感觉毛少。

2.3.2 味觉感觉毛的分布 拟环纹豹蛛味觉感

觉毛主要分布于第一和第二步足的跗节、胫节处，其次在触肢和第三步足，其他腿节也有少量分布。雌蛛第一对步足的跗节、胫节上也都有大量味觉感觉毛，同时，雌蛛的头部也有少量味觉感觉毛，而雄蛛头部则未发现。

3 讨论

拟环纹豹蛛感受器的触毛、听毛、味觉感觉毛主要分布于步足的跗节、胫节和触肢处。从数量看，触毛最多，其次是味觉感觉毛，最少的是听毛。3种感觉毛粗细和长度差别较大，听毛最细、最长，触毛最粗但较听毛短，味觉感觉毛最短，粗细介于听毛与触毛之间。3种感觉毛的形态也有很大差别，听毛细长，其弯曲

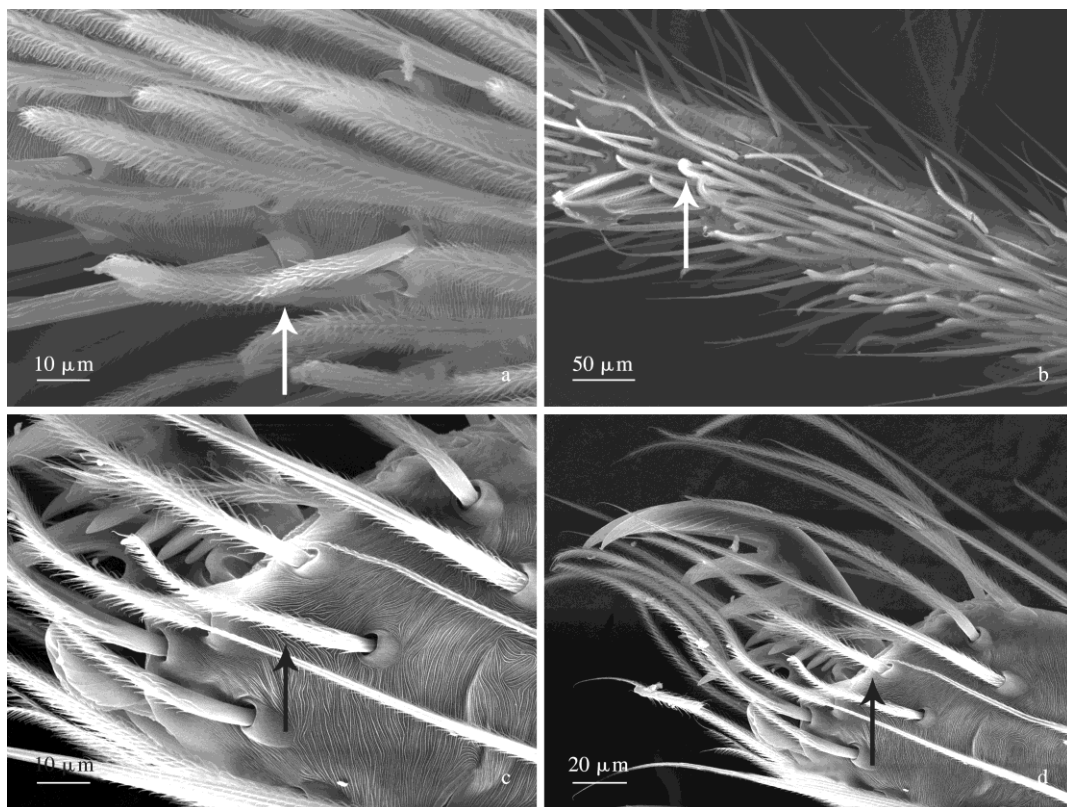


图3 味觉感觉毛扫描电镜结构

Fig. 3 SEM results of gustatory hair

a. 第一步足跗节的味觉感觉毛 (×1 300); b. 第一步足跗节的味觉感觉毛 (×300); c. 第三步足端部的味觉感觉毛 (×1 300); d. 第三步足端部的味觉感觉毛 (×700)。箭头指向味觉感觉毛。

a. Gustatory hairs on the digitus of the first leg (×1 300); b. Gustatory hairs of the digitus of the first leg (×300); c. Gustatory hairs on the top of the third leg (×1 300); d. Gustatory hairs on the top of the third leg (×700) .Arrows point to gustatory hairs.

度不一致, 触毛笔直, 味觉感觉毛的弯曲度较大, 有的呈S型, 有的呈弧形, 有的顶部突然弯曲。同时, 还发现听毛的基部与听毛窝的空隙最大, 味觉感觉毛次之, 触毛周围为毛囊, 无空隙, 但是有一环形凹槽。

3.1 触毛

触毛是一种触觉感受器(陈道海等 2004)。拟环纹豹蛛与北京幽灵蛛(肖永红等 2011)相比, 拟环纹豹蛛触毛粗, 但毛囊和隆起程度不及北京幽灵蛛, 拟环纹豹蛛毛囊上有鳞片状突起, 而北京幽灵蛛毛囊是光滑的, 同时拟环纹豹蛛的毛囊凹槽比北京幽灵蛛的凹槽深。广西近捕鸟蛛(*Plesiophrictus guangxiensis*) (陈道海等 2004)和虎纹捕鸟蛛(陈道海等 2003)的凹槽也比较深, 但是虎纹捕鸟蛛凹槽不及拟环纹豹蛛的凹槽深, 而广西近捕鸟蛛的凹槽大小与拟环纹豹蛛相近。拟环纹豹蛛与园蛛科蜘蛛(于春林等 1987)相比, 大腹园蛛(*Araneus ventricosus*)触毛上的绒毛长且多于拟环纹豹蛛的触毛, 但是二者的毛干都与体表形成锐角的角度, 二者毛干表面的绒毛都形成竖列状, 围绕着毛干。

3.2 听毛

听毛是一种能够感受气流振动和声波的感受器(Barth 2000)。拟环纹豹蛛的听毛细而长, 大弧度的不规则弯曲或不弯曲, 毛干有绒毛, 基部与毛囊窝之间的空隙很大。与其对比, 广西近捕鸟蛛(陈道海等 2004)与虎纹捕鸟蛛(陈道海等 2003)这两种穴居型蜘蛛的听毛毛干是光滑的, 北京幽灵蛛的听毛毛干(肖永红等 2011)与拟环纹豹蛛的毛干都有绒毛。朱明生等(2006)研究发现, 蜘蛛的听毛根据其形态的差别可分为普通听毛和特殊听毛。普通听毛为所有原蛛共有。黄拉土蛛(*Latuchia* sp.)的听毛呈棒状, 大紫蛛(*Ummidia* sp.)的听毛也是棒状, 但是其听毛的侧中部有一纵沟, 还有一些蜘蛛的听毛呈长茄形和毛状, 这些听毛都是特殊听毛(朱明生等 2006)。盗蛛科和行蛛科蜘蛛的听毛窝只有一个褶皱, 栉足蛛科和狼

蛛科蜘蛛的听毛窝有多个褶皱(Griswold 1993)。三种猫蛛的听毛窝只有一个横褶皱(张俊霞等 2007)。本实验发现拟环纹豹蛛听毛窝具有多个横褶皱。在数量上, 赵敬钊等(2001)研究的9科蜘蛛中, 暗蛛科、漏斗蛛科、狼蛛科、园蛛科、肖蛸科物种的听毛较多。拟环纹豹蛛雌性和雄性听毛数量差异不大, 雌性听毛的分布部位主要在胫节处, 这一点与其他蜘蛛听毛分布位置也相似, 但是同样在胫节的听毛数量却随着蜘蛛种类不同而变化(肖永红等 2012a)。

3.3 味觉感觉毛

味觉感觉毛是一种通过近距离接触同种或异种以及环境中的化学物质而发生辨别和传递的感受器。Dumpert(1978)通过实验研究, 发现了蜘蛛感受气味的受体能够产生电位反应。该感受器是蜘蛛在求偶捕猎过程中至关重要的一个元件。国外学者研究发现, 一种游猎型蜘蛛的雄蛛能够通过其触肢的感觉细胞受体即味觉感受器来识别雌蛛释放的性信息素(S)1, 1-二甲基柠檬酸(Tichy et al. 2001)。国内学者采用雄性北京幽灵蛛的信息素顺-9-二十三烯刺激雌性北京幽灵蛛, 发现有电位反应(Xiao et al. 2010)。拟环纹豹蛛的味觉感觉毛表面的绒毛量较北京幽灵蛛的化学感觉毛表面的绒毛量多, 但是顶端弯曲的曲度不及北京幽灵蛛; 拟环纹豹蛛有些部位的味觉感觉毛与体表形成的角度较小, 有些角度接近直角, 北京幽灵蛛的化学感觉毛的角度接近直角(肖永红等 2011)。拟环纹豹蛛的味觉感觉毛毛干中间弯曲的弧度形态有的如S型, 也有的如大抛物线型, 六指华弱蛛(*Sinoneta sexdigiti*)、圆形泰莱蛛(*Telemidae circularis*)、波纹花蟹蛛(*Xysticus croceus*)、无斑圆腹蛛(*Phycosoma flavomarginatum*)的味觉毛的弯曲度也有的如S型或弧形(肖永红等 2012b), 而北京幽灵蛛的味觉毛弯曲度较小, 顶端弯曲度较大(肖永红等 2011), 同时北京幽灵蛛、六指华弱蛛、圆形泰莱蛛、波纹花蟹蛛、无斑圆腹蛛的化学感

觉毛的顶端是不封闭的, 有开口, 是味觉感觉毛感受外界生物化学物质的位置。

参 考 文 献

- Barth F G. 2000. How to catch the wind: spider hairs specialized for sensing the movement of air. *Naturwissenschaften*, 87(2): 51–58.
- Dumpert K. 1978. Spider odor receptor: electrophysiological proof. *Experientia*, 34(6): 754–756.
- Griswold C E. 1993. Investigations into the phylogeny of the lycosoid spiders and their kin (Arachnida: Araneae: Lycosoidea). *Smithsonian Contributions to Zoology*, 539: 1–39.
- Tichy H, Gingl E, Ehn R, et al. 2001. Female sex pheromone of a wandering spider (*Cupiennius salei*): identification and sensory reception. *Journal of Comparative Physiology A*, 187(1): 75–78.
- Xiao Y H, Zhang J X, Li S Q. 2010. Male-specific (Z)-9-tricosene stimulates female mating behaviour in the spider *Pholcus beijingensis*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277(1696): 3009–3018.
- 陈道海, 冯钊, 曲菊兰. 2004. 广西近捕鸟蛛体表结构扫描电镜观察. *动物分类学报*, 29(4): 658–665.
- 陈道海, 梁凤梅, 陈晓芸, 等. 2003. 虎纹捕鸟蛛体表扫描电镜观察. *动物学杂志*, 38(1): 70–74.
- 刘雨芳, 古德祥, 张古忍. 2003. 广东省稻田生态系统中蜘蛛群落多样性研究. *蛛形学报*, 12(1): 27–31.
- 舒迎花, 刘志辉, 张古忍. 2005. 拟环纹豹蛛对白背飞虱的嗅觉反应. *蛛形学报*, 14(2): 122–125.
- 田耀加, 梁广文, 曾玲, 等. 2011. 拟环纹豹蛛对斜纹夜蛾卵及幼虫的捕食效应. *环境昆虫学报*, 33(4): 502–506.
- 田耀加, 梁广文, 曾玲, 等. 2012. 拟环纹豹蛛对亚洲玉米螟卵及低龄幼虫的捕食效应. *中国生物防治学报*, 28(4): 478–483.
- 肖永红, 李枢强. 2011. 北京幽灵蛛体表微感受器的类型、结构和分布. *动物学杂志*, 46(3): 1–10.
- 肖永红, 李枢强. 2012a. 听毛在不同蜘蛛类群中的形态、数量和分布. *井冈山大学学报: 自然科学版*, 33(4): 102–106.
- 肖永红, 李枢强. 2012b. 一些蜘蛛类群味觉毛的形态、数量和分布. *动物学杂志*, 47(5): 1–7.
- 于春林, 邢宝山, 王乃斌, 等. 1987. 蜘蛛某些化学感受器的扫描电镜观察. *东北师大学报: 自然科学版*, (4): 107–114.
- 张俊霞, 屈平, 朱明生, 等. 2007. 三种猫蛛跗节器、听毛窝及纺器的扫描电镜观察. *河北大学学报: 自然科学版*, 27(2): 188–194.
- 赵敬钊, 卢宝廉, 宋大祥. 2001. 蜘蛛听毛的电镜观察. *蛛形学报*, 10(2): 8–11.
- 朱明生, 张蕊, 宋大祥. 2006. 中国原蛛跗节器、尖突、听毛、发声器和纺器的扫描电镜观察. *河北大学学报: 自然科学版*, 26(6): 636–648.