

文章编号:1001-7380(2019)01-00011-05

管氏肿腿蜂产卵器感器的扫描电子显微镜观察

徐丽丽,解春霞,郑华英,刘云鹏

(江苏省林业科学研究院,江苏 南京 211153)

摘要:管氏肿腿蜂在天牛类害虫的生物防治和维持生态平衡上起着重要的作用。为明确管氏肿腿蜂产卵器和其上感器结构,利用扫描电子显微镜技术,对其产卵器结构和感器类型分布进行了详细研究。结果表明:管氏肿腿蜂的产卵器为一般产卵器,由第1产卵瓣、第2产卵瓣以及第3产卵瓣构成。管氏肿腿蜂产卵器上共具5种感器类型,为末梢锥状感器、锥形感器、刺形感器、毛形感器和凹窝感器。第1、第2产卵瓣上皆未观察到感器分布,第3产卵瓣端部密布感器,侧边具十几个凹窝感器。根据感器形态结构和以往研究对各类型感器在管氏肿腿蜂产卵中发挥的作用,进行了合理推测。初步探讨了该昆虫天敌的产卵感受机制,对掌握其产卵选择机制具有重大意义,也为进一步的电生理、电化学实验提供了一定的理论基础。

关键词:管氏肿腿蜂;产卵器;感器;扫描电子显微镜

中图分类号:Q954.592;S763.306.4

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2019.01.003

Scanning electron microscopic observation of ovipositor sensilla of *Sclerodermus guani* (Hymenoptera: Bethyridae)

Xu Lili, Xie Chunxia, Zheng Huaying, Liu Yunpeng

(Jiangsu Academy of Forestry, Nanjing 211153, China)

Abstract: *Sclerodermus guani* is idiobiont parasitoid of many longhorned beetle species which were wood-boring pests. It had made an important effect in the biological control, ecological balance of longhorned beetles. Scanning electron microscopy (SEM) was used to determine the typology, morphology, and distribution of sensilla on the ovipositor of *S. guani*. The results were as follows: Female *S. guani* had generalized ovipositor which was composed of three appendages: the first and second valvulae and the ovipositor sheaths. The ovipositor had five types of sensilla: sensilla twig basiconica (Stb), sensilla basiconica (B), sensilla chaetica (Ch), sensilla trichodea (Tr) and sensilla pit basiconica (P). No sensilla was found on the first and second valvulae, a large number of capiliform sensilla and more than ten sensilla pit basiconica were observed on the dorsal surface of the ovipositor sheaths. Based on morphological evidence and past research, putative functions are suggested to increase our understanding of the mechanisms how oviposition takes place. Our results will provide a basis for further studies on the oviposition preference, and electrophysiology of *S. guani*.

Key words: *Sclerodermus guani*; Ovipositor; Sensilla; SEM

昆虫的感受器是昆虫感觉系统中的基本单元^[1]。昆虫产卵器上的感器被认为可以对寄主进行检测,从而达到寄主的识别和选择^[2]。昆虫产卵器上感器的研究主要集中在鳞翅目和双翅目寄生蝇类,和膜翅目寄生蜂类如姬蜂和茧蜂^[3-6]。相较于触角、下颚须和下唇须,昆虫产卵器上感器的种

类和数量都较少。昆虫产卵器上的感器类型主要是刺形感器、锥形感器、毛形感器、和接触性感器^[7-8]。昆虫的种类、产卵方式不同,为适应其产卵行为,各自产卵器形态及其上的感器结构和功能也存在巨大差异^[6,9]。

管氏肿腿蜂(*Sclerodermus guani*),属肿腿蜂科

收稿日期:2019-01-08;修回日期:2019-02-13

基金项目:江苏省林业科学研究院青年科技基金项目“管氏肿腿蜂产卵器感器结构研究”(JAF-2016-06)

作者简介:徐丽丽(1991-),女,浙江台州人,硕士。主要研究方向:森林保护学。E-mail:jiangfeimeng@126.com。

(Bethyidae), 肿腿蜂属, 是天牛类钻蛀性害虫的重要寄生性天敌, 可以有效地防治松墨天牛 (*Monochamus alternatus* Hope)、光肩星天牛 [*Anoplophora glabripennis* (Motschulsky)]、星天牛 [*chinensis* (Forster)] 和双条杉天牛 [*Semanotus bifasciatus* (Motschulsky)] 等^[10-14]。该天敌昆虫的寄主类别多, 分布区域广泛且寄生效果好, 在天牛类害虫的生物防治、种群调控和维持生态平衡上起着重要的作用。管氏肿腿蜂幼虫孵化后运动能力差, 取食能否满足生长发育, 全依赖于雌蜂的选择, 因此雌蜂的产卵选择对子代的存活意义重大。有研究表明, 肿腿蜂雌蜂更加喜欢在发育老熟、营养充足的天牛幼体上产卵繁育后代, 且雌蜂所产的卵会进行合理的排布, 尽量避免拥挤, 防止造成取食竞争^[15-16]。雌蜂在产卵的过程中, 腹部弯曲, 伸出产卵器在天牛体表左右摩擦, 以此来探测合适的产卵部位^[17]。由此可见, 管氏肿腿蜂在进行产卵选择的过程中, 产卵器传感器发挥着重要的作用。本文对管氏肿腿蜂产卵器结构和其上的传感器类型和分布进行扫描电子显微镜观察, 明确其产卵器和其上传感器结构, 对进一步了解这种昆虫, 掌握其产卵选择机制具有重大意义。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

本次试验所用的管氏肿腿蜂来自江苏省天敌繁育中心, 为羽化后第 2 天的雌蜂 15 头, 样品采集后保存于 75% 的酒精溶液中。

1.2 扫描电子显微镜

在解剖镜下利用镊子与解剖针等获得管氏肿腿蜂产卵器。利用超声波清洗仪对产卵器进行震荡清洗, 基础清洗 2 次, 每次 180 s。其中第 1 次清洗液为 PBS(磷酸缓冲液), 第 2 次为 75% 酒精。清洗后, 利用解剖镜对附肢表面清洗情况进行观察。如无明显杂质则进行下一步, 如表面有异物粘着, 需继续清洗。利用梯度质量分数酒精对传感器进行干燥脱水, 质量分数梯度为 80%, 85%, 90%, 95%, 100%, 每梯度质量分数脱水 20 min, 其中 100% 酒精脱水 2 次。将脱好水的样品粘在扫描电子显微镜专用金属台上。置于 50 ℃ 烘箱干燥 24 h 后, 放入 E-1010 离子溅射仪 (HITACHI, Japan) 喷金, 并置于 SU8010 高分辨场发射扫描电子显微镜 (HITACHI, Japan) 下观察并拍照。

1.3 数据分析

本文传感器的分类基于 Schneider, Zacharuk 等的研究^[18-19]。传感器长度与基宽由 Image J (Broken Symmetry Software) 测量, 重复数为 15; 数据的统计与计算分析使用了 Microsoft Office Excel (微软公司, 美国); 图片的亮度与对比度调节处理使用 Photoshop CS2.0 软件 (Adobe 公司, 美国); 图片的拼接使用 Adobe Illustrator CS6 软件 (Adobe 公司, 美国)。

2 结果与分析

2.1 管氏肿腿蜂产卵器结构

管氏肿腿蜂的产卵器为一般产卵器, 其由第 1 产卵瓣 (毒针)、第 2 产卵瓣 (腹产卵瓣) 以及第 3 产卵瓣 (背产卵瓣) 构成 (见图 1-A, B)。第 1 产卵瓣是两条贴合的长毛状结构, 上半部分愈合呈针状, 常紧贴在第 2 产卵瓣愈合形成的弯管状腹侧, 长度为 $(474.34 \pm 47.26) \mu\text{m}$ 。第 2 产卵瓣由大小、形状相同的 2 个半管状结构组成, 末端较尖, 端部特化为长刺状, 长度为 $(516.28 \pm 31.03) \mu\text{m}$ (见图 1-B, C, D)。第 3 产卵瓣特化为产卵瓣鞘, 为 2 个圆锥状的结构, 互相套叠紧贴, 端部未封闭, 有 2 个近圆形的开口, 长度为 $(243.49 \pm 10.82) \mu\text{m}$ (见图 1-A, E, F)。

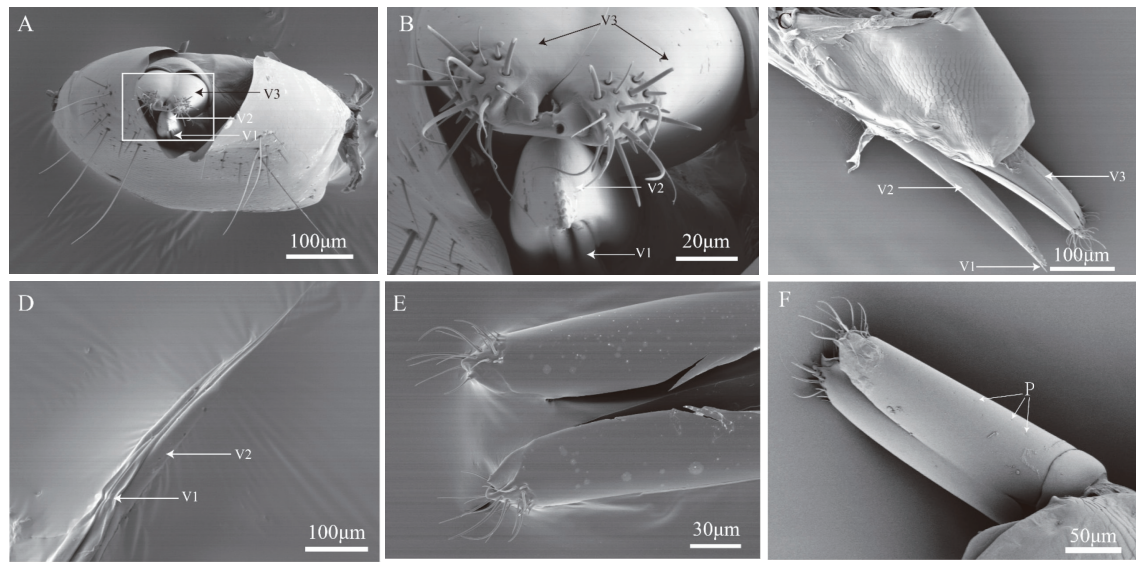
2.2 管氏肿腿蜂产卵器传感器类型及形态特征

管氏肿腿蜂产卵器上共具 5 种传感器类型, 为末梢锥状感器、锥形感器、刺形感器、毛形感器和凹窝感器, 各类型传感器形态特征见表 1。管氏肿腿蜂第 1、第 2 产卵瓣上皆未观察到传感器分布, 第 3 产卵瓣端部密布感器, 侧边具十几个凹窝感器。各种感器见图 2。

末梢锥状感器 (Sensilla twig basiconica): 位于第 3 产卵瓣端部, 较之其他感器稍远离端部, 数量较多, 为十数个。感器短小直立, 短锥状, 顶端钝具圆形顶孔, 外壁光滑无孔, 基窝凹陷, 宽松感器长为 $(6.83 \pm 2.00) \mu\text{m}$, 基部宽为 $(1.46 \pm 0.20) \mu\text{m}$ 。

锥形感器 (Sensilla basiconica): 直立于第 3 产卵瓣端部, 数量较少, 为 4—5 个。感器呈短锥状, 感器表面具细密壁孔, 均匀分布, 端部钝圆具 1 个圆形顶孔。基窝与感器壁紧密贴合。感器长为 $(19.16 \pm 4.35) \mu\text{m}$, 基部宽为 $(1.99 \pm 0.31) \mu\text{m}$ 。

刺形感器 (Sensilla chaetica): 着生于第 3 产卵瓣端部边缘, 数量近 10 个, 腹面数量多于背面。感



A 和 B:产卵器结构俯视图;C:产卵器侧视图;D:第 1 产卵瓣和第 2 产卵瓣;E:第 3 产卵瓣腹面朝上,顶端具大量传感器;F:第 3 产卵瓣侧视图。V1:第 1 产卵瓣;V2:第 2 产卵瓣;V3:第 3 产卵瓣。

图 1 管氏肿腿蜂产卵器结构

表 1 管氏肿腿蜂产卵器上不同类型传感器的形态特征

传感器类型	长度/ μm	基宽/ μm	外壁	顶端	基座
末梢锥状传感器 (Stb)	6.83 ± 2.00	1.46 ± 0.20	光滑无孔	钝圆,具顶孔	凹陷,宽松
锥形传感器 (B)	19.16 ± 4.35	1.99 ± 0.31	平滑,具壁孔	钝,具顶孔	紧贴
刺形传感器 (Ch)	21.68 ± 7.00	1.27 ± 0.19	光滑无孔	尖锐	不明显
毛形传感器 (Tr)	29.43 ± 5.00	1.85 ± 0.35	纵纹	钝,具顶孔	凹陷,宽松
凹窝传感器 (P)	-	-	光滑无孔	钝,具顶孔	凹陷,宽松

器长针状,基窝不明显,传感器壁上具明显的纵棱,顶端尖锐无孔。传感器长为 $(21.68\pm7.00)\mu\text{m}$,基宽为 $(1.27\pm0.19)\mu\text{m}$ 。

毛形传感器 (Sensilla trichodea): 传感器长毛状,高于其他类型传感器,分布较为随机,基窝宽松,壁上光滑,常在上半部分发生弯曲,顶端具顶孔。传感器长为 $(29.43\pm5.00)\mu\text{m}$,基宽为 $(1.85\pm0.35)\mu\text{m}$ 。

凹窝传感器 (Sensilla pit basiconica): 传感器常着生于第 3 产卵瓣的侧边,为数十个,多位于内陷的基窝之中,仅少许露出或低于产卵瓣表面,传感器与基窝接触不紧密,基宽为 $(0.84\pm0.130)\mu\text{m}$ 。

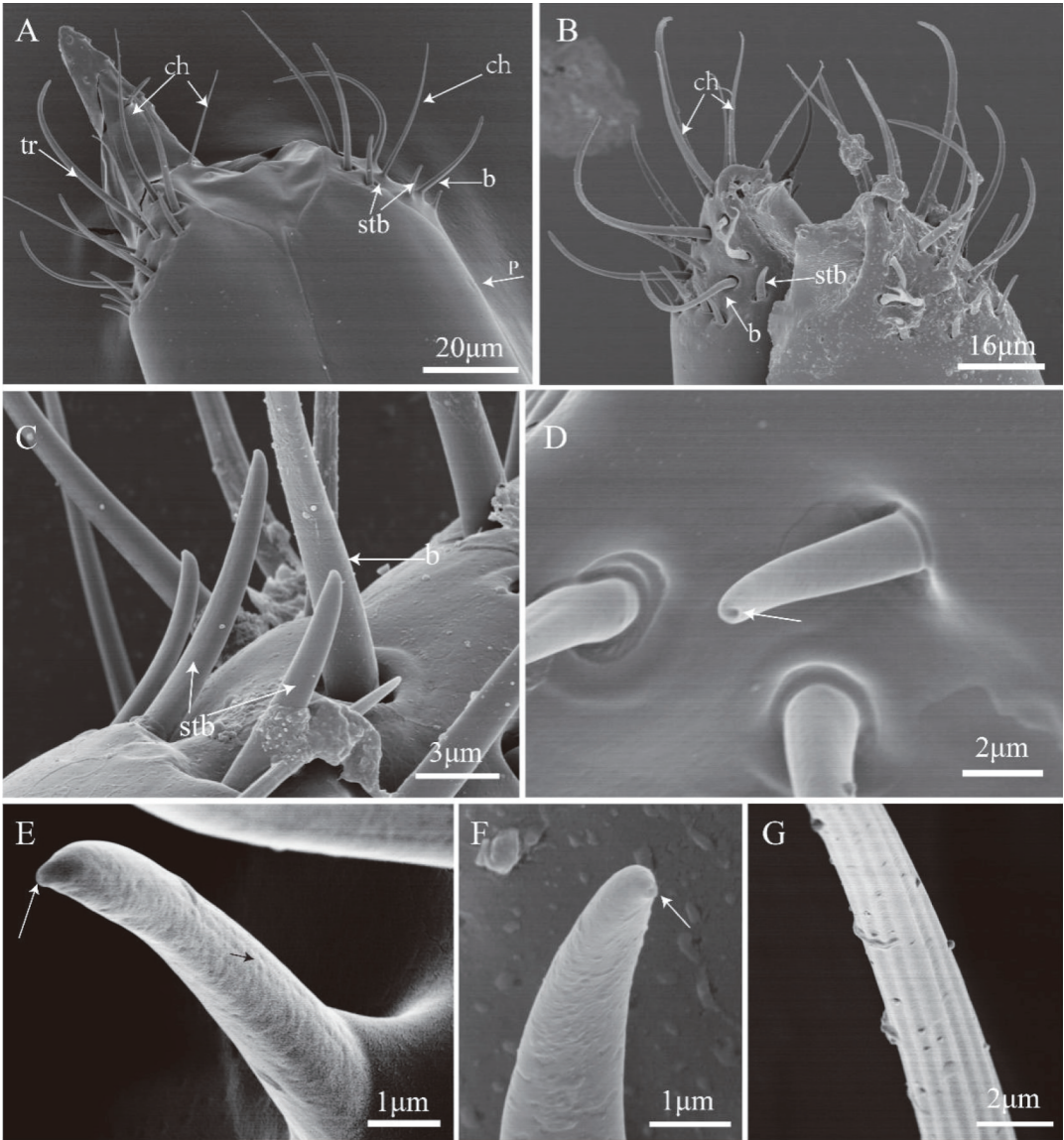
3 结论与讨论

管氏肿腿蜂产卵器上传感器在第 1、第 2 产卵瓣上未观察到传感器分布,在第 3 产卵瓣端部具较多传感器,与大多数寄生类天敌昆虫产卵器上传感器分布有所不同。如伏钝唇姬蜂、瓜实蝇、瘿蜂 (*Trybliographa rapae*)、赤眼蜂 (*Trichogramma galloi*)

等天敌昆虫都有在第 1、第 2 产卵瓣上观察到机械感受器和化学感受器,且他们的第 1 产卵瓣端部常具锯齿形结构以便产卵时用于固定产卵器,防止寄主挣脱^[7, 20-21]。产卵器结构以及其上传感器的这些差异,可能与管氏肿腿蜂为外寄生蜂,产卵时无须将产卵器刺入寄主体内,且产卵行为发生在寄主被完全麻痹之后有关。

末梢锥状传感器:短锥状,具顶孔,被广泛认为具有味觉感受功能^[18-19]。而在松瘤象、蝇类 (*Microcephalops vestitus*) 等的产卵器上皆可观察到该类型传感器,形态上极为相似,并认为其具机械感受能力,主要参与雌虫产卵位置的调节^[7, 22]。因此该类型传感器可能为机械-味觉感受器,其着生位置较其他传感器相对较后,一方面可以降低雌蜂运动、产卵时对其的机械损伤,另一方面该类型传感器参与的味觉感受较毛形传感器可能更为细致。

锥形传感器:该类型传感器一般为无明显基座、具细密壁孔的圆锥形突起,具嗅觉感受功能,参与昆



A 和 B:第 3 产卵瓣上感器分布情况;C:末梢锥状感器形态和分布情况;D:末梢锥状感器,白色箭头指示顶孔;
E:锥形感器,白色箭头指示顶孔,黑色箭头指示壁孔;F:毛形感器顶孔;G:刺形感器壁上纵纹。

图 2 管氏肿腿蜂产卵器感器

虫寄主找寻和产卵,早期研究认为昆虫的产卵器上该类型感器并不常见,但随着电子显微镜技术的发展,越来越多的昆虫产卵器上发现这类具壁孔的短锥状感器^[23]。本研究观察到的该类型感器除却具细密壁孔外同时还具有圆形顶孔,根据 Zacharuk 等的研究表明,具此类结构的感器可能同时具有味觉和嗅觉的双重感受功能^[24]。管氏肿腿蜂雌蜂产卵时也被观察到,寄主如已死亡或被细菌感染,雌蜂使用触角和产卵器拍击触碰寄主体表,但将不在其体表产卵。因此推测锥形感器可能配合触角上的感器参与寄主营养成分的感受与分析,在寻找适宜

寄主的过程中发挥着重要的作用。

刺形感器:这一类感器为无孔型感器,通过透射电镜观察,该感器具有较厚的感器壁,仅具一个神经元细胞,且该神经元在感器基部具有管状体,是典型的机械感受器^[10]。这类感器在产卵器上普遍存在,白蛾周氏啮小蜂、橘小实蝇的寄生蜂的产卵器上都有观察到类似结构的感器^[4, 25]。刺形感器对机械震动有很好的感受功能,能够感受微弱的气流、声音和震动,因而能在产卵时较好地感受环境变化,然后决定是否继续产卵^[26]。管氏肿腿蜂刺形感器多位于产卵器的腹面端部,可能起到探测寄

主体表和产卵环境,避免产卵过程中对产卵器造成损伤的作用。

毛形感器:毛形感器顶端具顶孔,是典型的味觉感受器,是产卵器上最主要的感器类型,在寄主找寻的过程中发挥了重要的作用^[27]。管氏肿腿蜂产卵时有观察到雌蜂不断使用产卵器拍打或敲击寄主表皮的现象,且毛形感器明显高于其他各类感器,可以最先接触外界环境,这一过程可以使毛形感器充分接受气味分子,从而进行适宜的产卵位置选择,并确定产卵数量。毛形感器宽松的基窝,使其可以进行左右晃动,在进行机械感受时不易折断,同时能够感受到多方位的寄主信息^[6]。在夜蛾(*Spodoptera littoralis*),橘小实蝇的寄生蜂的产卵器感器研究中同样也发现,毛形感器可以识别产卵叶片是否健康,决定产卵与否,并对卵粒进行合理排布^[6, 25]。因此,毛形感器在管氏肿腿蜂雌蜂产卵时,参与寄主的营养测评,在选择营养合适的寄主,并依据此决定产卵的数量和排布中发挥着重要的作用。

凹窝感器:Kozánek 等在对头蝇产卵器感器的研究中发现与凹窝感器具有类似结构的感器,常分布于产卵器的中部至 1/3 端部处,并将其命名为 Campaniform sensilla,认为其具有机械感受功能^[28]。谷小红等在对橘小实蝇的 4 种寄生蜂产卵器的观察中推测,该类型感器为一种温湿度感器^[25]。管氏肿腿蜂中该类型感器位于第 3 产卵瓣端部侧面,在雌蜂进行产卵选择时,可能参与寄主含水率的评测,但其具体的功能仍需进一步的试验探究。

本次研究明确了产卵器感器的类型及分布规律,并对各感器在产卵过程中所起的作用进行了探讨,末梢锥状感器和毛形感器起到了机械和味觉感受功能,同时还具有感受功能,锥形感器具味觉感受与嗅觉感受双重功能,刺形感器具机械感受功能,凹窝感器具温湿度感受功能。以上研究,对进一步的管氏肿腿蜂产卵选择机制研究具有一定的借鉴意义。但各感器的内部神经元结构以及具体的感受功能的明确,仍需进一步进行透射电子显微镜(TEM)观察研究和电生理、电化学试验。

参考文献:

- [1] 余海忠.昆虫触角感受器研究进展[J].安徽农业科学,2007,35(14):4238-4240,4243.
- [2] 邹德玉,张礼生,陈红印.豌豆潜蝇姬小蜂产卵器感器的扫描

电镜观察[J].中国生物防治,2008,24(4):298-305.

- [3] 王世贵,蒋芸芸.两种小菜蛾寄生蜂产卵器感器的形态和超微结构[J].动物分类学报,2007,32(2):369-375.
- [4] 徐晓蕊,张旭臣,祈金玉,等.白蛾周氏啮小蜂产卵器感器的形态和超微结构[J].环境昆虫学报,2012,34(4):459-465.
- [5] 章玉苹,范一霖,郑苑.桔小实蝇本地寄生蜂长尾全裂茧蜂雌成虫产卵器感器的扫描电镜观察[J].环境昆虫学报,2012,34(4):466-471.
- [6] CHADHA G K, ROOME R E. Oviposition behaviour and the sensilla of the ovipositor of *Chilo partellus* and *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Journal of Zoology, 1980, 192(2):169-178.
- [7] 张璐.四种不同产卵方式昆虫的产卵器感器比较研究[D].北京:北京林业大学,2015.
- [8] 邹德玉.感器和蛀道在豌豆潜蝇姬小蜂寄主定位中的作用研究[D].北京:中国农业科学院,2009.
- [9] REBORA M, PIERSANTI S, DELL'OTTO A, et al. The gustatory sensilla on the endophytic ovipositor of Odonata [J]. Arthropod Structure & Development, 2013, 42(2):127-134.
- [10] 崔永三,刘云鹏,宋玉双,等.应用天敌昆虫防治松墨天牛试点试验[J].中国森林病虫,2011,30(4):31-33.
- [11] 刘云鹏,施建华,王金中.花绒寄甲与管氏肿腿蜂防治光肩星天牛效果初探[J].江苏林业科技,2014,41(5):6-9,36.
- [12] 王小军,郭桂凤.应用管氏肿腿蜂防治双条杉天牛技术研究[J].中国森林病虫,2007,26(4):28-29,34.
- [13] 姚万军,杨忠岐.利用管氏肿腿蜂防治光肩星天牛技术研究[J].环境昆虫学报,2008,30(2):127-134.
- [14] 杨忠岐,王小艺,曹亮明,等.管氏肿腿蜂的再描述及中国硬皮肿腿蜂属 *Sclerodermus* (Hymenoptera: Bethyridae) 的种类[J].中国生物防治学报,2014,30(1):1-12.
- [15] 贺凯,徐志强,代平礼.管氏肿腿蜂对黄粉甲的寄生行为[J].昆虫学报,2006,49(3):454-460.
- [16] 蒋妮,缪剑华,谢保令.管氏硬皮肿腿蜂防治广西罗汉果愈斑瓜天牛研究[J].植物保护,2006,32(3):29-32.
- [17] 吴华.管氏肿腿蜂个体发育、产卵行为及寄主选择性研究[D].南京:南京林业大学,2012.
- [18] SCHNEIDER D. Insect antennae [J]. Annual Review of Entomology, 1964, 9(1):103-122.
- [19] ZACHARUK R Y. Ultrastructure and function of insect chemosensilla [J]. Annual Review of Entomology, 1980, 25(1):27-47.
- [20] CÔNSOIL F L, KITAJIMA E W, PARRA J R P. Sensilla on the antenna and ovipositor of the parasitic wasps *Trichogramma galloi* Zucchi and *T. pretiosum* Riley (Hym. trichogrammatidae) [J]. Microscopy Research and Technique, 1999, 45(4-5):313-324.
- [21] BROWN P E, ANDERSON M. Morphology and ultrastructure of sense organs on the ovipositor of *Trybliographa rapae*, a parasitoid of the cabbage root fly [J]. Journal of Insect Physiology, 1998, 44(11):1017-1025.

(下转第21页)

物时,无形中带来了不少保健作用。

3.4 保护药用植物的生存环境

植物的生存依赖于周围环境对其提供的能量、庇护条件等,药用植物也不例外。绝大多数药用植物对生长环境都有一定的要求,如珍稀濒危草本药用植物八角莲 [*Dysosma versipellis* (Hance) M. Cheng] 生于山谷、山坡常绿阔叶林、落叶阔叶林及竹林下阴湿处或水旁、山沟石缝腐殖质丰富的土壤中^[20]。同时,八角莲同多数野生药用植物一样须与其他植物生活在一起,组成植物群落,进而形成植被。但随着当地旅游业的飞速发展,修建公路、宾馆等设施造成森林数量减少,游客数量剧增,这无疑会增加当地生态环境的承受力,因此,加大对旅游资源的管理,发展生态旅游,保护药用植物的生存环境迫在眉睫。

参考文献:

- [1] 盛束军,俞旭平,郑俊波,等.西天目山药用植物资源研究[J].现代应用药学,1993(1): 27-32.
- [2] 袁小凤,丁志山,周云凯.天目山药用植物中国特有属的初步研究[J].浙江中医药大学学报,2007,31(5): 756-759.
- [3] 陈路路,王中华,周帆,等.基于液相色谱-串联质谱技术的新疆一枝蒿植物代谢组学分析方法研究[J].分析化学,2018,46(5): 735-742.
- [4] 黄雪菊,林希,李沙,等.药用植物资源生态研究进展[J].四川环境,2014,33(4): 146-153.
- [5] 孙红梅,张冬冬,修小娟.中山市风水林的药用植物资源[J].热带生物学报,2016,7(3): 368-372.
- [6] 任强,樊守金,赵遵田.青岛崂山药用植物研究[J].山东科学,2001(3): 43-47.
- [7] 金银根.植物学[M].北京:科学出版社,2010.
- [8] 罗建,费文群,李琴,等.西藏色季拉山野生药用植物资源多样性及其保护与利用[J].西北植物学报,2018,38(2): 353-362.
- [9] 田春元,周秀佳.天目山自然保护区悬钩子属药用植物资源研究[J].广西植物,2004,24(4): 297-301.
- [10] 张小惠,朱忆文,李之音,等.西天目山野生蔬菜的垂直分布特征及其利用[J].江苏林业科技,2017,44(5): 22-26, 31.
- [11] 丁炳扬.天目山植物志[M].杭州:浙江大学出版社,2010.
- [12] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志[M].北京:科学出版社,2004.
- [13] 艾铁民.中国药用植物志[M].北京:北京大学医学出版社,2014.
- [14] 侯士良.中药八百种详解[M].郑州:河南科学技术出版社,1999.
- [15] 宋立人.中华本草[M].上海:上海科学技术出版社,1999.
- [16] 毛丹,马学文,毛伟,等.河南云台山药用植物种质资源研究[J].国土与自然资源研究,2013(5): 80-82.
- [17] 张杰,王友保,刘登义,等.芜湖市药用植物资源[J].安徽师范大学学报(自然科学版),2004,27(1): 65-67, 70.
- [18] 杨红.浅析建设生态文明下推进管护新机制[J].花卉,2018(10): 274-275.
- [19] 李森,耿晓东.河南省珍稀濒危药用植物资源[J].中国林副特产,2002(3): 55-56.
- [20] 由金文,林先明,廖朝林,等.八角莲致濒原因及其野生资源保护[J].现代中药研究与实践,2007(4): 25-27.
- [22] ZHANG G N, HU F, DOU W, et al. Morphology and distribution of sensilla on tarsi and ovipositors of six fruit flies (Diptera: Tephritidae)[J]. Annals of the Entomological Society of America, 2012, 105(2): 319-327.
- [23] FAUCHEUX, M J. Ovipositor sensilla of the Yellow longicorn beetle *Phoracantha recurva* Newman, 1840 (Coleoptera: Cerambycidae)[J]. Bulletin de l'Institut Scientifique, 2012, 34(1): 11-18.
- [24] ZACHARUK R Y, SHIELDS V D. Sensilla of immature insects[J]. Annual Review of Entomology, 1991, 36(1): 331-354.
- [25] 谷小红,蔡普默,杨燕川,等.橘小实蝇4种寄生蜂腹部和产卵器感器的扫描电镜观察[J].福建农林大学学报(自然科学版),2017,46(6): 3-8.
- [26] GULLAN P J, CRANSTON P S. The insects: An outline of Entomology[M]. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2009.
- [27] PHILLIPS W M. Sensilla types from the ovipositor of the flea beetle *Altica lythri* (Coleoptera: Chrysomelidae). Entomologia Experimentalis et Applicata[J]. 1978, 24(3): 599-600.
- [28] KOZÁNEK M, BELCARI A. Structure of the ovipositor, associated sensilla and spermathecal system of entomoparasitic pipunculid flies (Diptera Pipunculidae)[J]. Journal of Natural History, 1997, 31(8): 1273-1288.

(上接第15页)