应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2013,50(5):1289 – 1294. DOI:10.7679/j.issn.2095 – 1353.2013.177

栗山天牛成虫触角感器形态与分布观察*

魏建荣[1**] 丁保福[2] 唐艳龙[3] 李秀敏[1]

(1. 河北大学生命科学学院 保定 071002;2. 单县第一中学 单县 274300;
3. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所 北京 100091)

摘 要 栗山天牛 *Massicus raddei*(Blessig)是我国东北林区栎树的主要蛀干害虫,严重危害蒙古栎和辽东栎,已给发生地造成的重大的经济损失和生态灾害。触角是天牛与外界进行信息沟通的重要器官,触角上的感器类型与分布数量直接影响天牛对外界化学刺激的识别。本文采用扫描电镜观察的方法,对栗山天牛雄、雌虫的触角分别进行了观察。结果显示,栗山天牛雌、雄性触角的感器分布略有不同,但都着生有大量的毛形感器、锥形感器和耳形感器,以及少量的板形感器、指形感器和钟形感器等。鞭节端部各节的感器数量较多,基部各节的感器数量较少,可能与各节所行使的功能有关。

关键词 栗山天牛,触角感器,扫描电镜,蛀干害虫

Morphology and distribution of the antennal sensilla of adult *Massicus raddei* (Blessig) (Coleoptera: Cerambycidae)

WEI Jian-Rong[1**] DING Bao-Fu[2] TANG Yan-Long[3] LI Xiu-Min[1]

(1. College of Life Sciences, Hebei University, Baoding 071002, China; 2. The First Middle School in Shanxian County, Shanxian 274300, China; 3. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract *Massicus raddei* (Blessig) is a major wood boring pest of chestnut trees in Northeastern China that has caused serious damage to the local economy and ecology. It also attacks the trunk of *Quercus mongolica* and *Quercus liaotungensis*. Antennae are the main sensory organ of this longhorned beetle and the types and distribution of antennal sensilla on the antenna can influence adult's recognition of chemical signals. By means of scanning electron microscopy, antennal sensilla on the antenna of male and female *M. raddei* were inspected and compared. Results show that though the distribution of antennal sensilla was slightly different between the sexes, there were many sensillum trichoid, sensilla bascionica, sensilla auricillica, and a small quantity of sensillum finger, sensilla placodeum, and sensilla campaniform, etc, on the antennae of both sexes. There are more antennal sensillae on the terminal segments of the antennal flagellum than on the basal segments. The distribution of antennal sensillae on the antennal flagellum might relate to different functions performed by different segments of the antenna.

Key words *Massicus raddei*, antennal sensilla, scanning electron microscope, wood borer

栗山天牛 *Massicus raddei*(Blessig)属鞘翅目 Coleoptera 天牛科 Cerambycidae 天牛亚科 Cerambycinae(陈世骧等,1959),主要危害栎类树种,以幼虫蛀食树木主干形成孔道,使木材失去利用价值,已给我国东北地区以辽东栎(*Quercus liaotungensis*)和蒙古栎(*Quercus mongolica*)为主的天然次生林带来重大的经济损失和生态灾害(唐艳龙等,2010)。同其他昆虫一样,天牛的触角上分布有大量的感器,主要起嗅觉的作用,对外界环境中的各种气味具有高度的识别能力,可以帮助天牛搜寻食物、寻找配偶和选择适当的栖息地(马瑞燕和杜家纬,2000;宁眺等,2004;程红等,2008;

* 资助项目:十一五科技支撑(2006BAD08A12);河北大学自然科学研究计划项目(2010 – 205)。

** E-mail: weijr@hbu.edu.cn

收稿日期:2013-07-11,接受日期:2013-07-31

孙飞等,2010;诸葛飘飘等,2010)。栗山天牛的触角有 11 节,灰黑色,第 1 节为柄节,粗大呈圆筒状,第 3 节最长,约等于第 4 节和第 5 节之和,第 6 节至第 11 节呈棒状,雄虫触角长度约为体长的 1.5 倍,雌虫触角约为体长的 2/3(陈世骧等,1959)。为了搞清楚栗山天牛触角在寻找寄主和配偶时所起的作用,本文对触角上感器的类型和在各节上的分布情况进行了初步的观察和研究。

对于各种感器类型的辨别,基本按照传统的形态分类方法进行分类(Schneider,1964;Hintze-Podufal and Otto,1975;Barlin and Vinson,1981;Ramaswamy and Gupta,1981;Schaller,1982;Tominaga and Yokohari,1982)。

1 材料与方法

1.1 仪器

日立 S-4800 型扫描电子显微镜。徕卡显微镜 Leica M165C 200 倍。

1.2 材料

栗山天牛触角于 2008 年 8 月上旬采自辽宁省宽甸县大西岔村。在林间直接将采集的天牛活成虫的触角自触角基部切下,带回室内。各采集 30 头雌、雄成虫的触角,带回室内阴干。

1.3 方法

由于栗山天牛触角骨化程度极高,因此不存在脱水、皱缩的问题,可以采用简化的制样方法进行观察。将触角用细毛刷清理干净后直接粘于观察台上,然后进行真空喷金,扫描电镜观察。对触角上不同类型的感器进行了拍照,并对部分鞭节上不同感器的数量进行了估计。

2 结果与分析

2.1 栗山天牛触角感器的类型

栗山天牛触角呈线状,骨质化程度高,共 11 节,从基部起分别为柄节 1 节,梗节 1 节和鞭节 9 节。栗山天牛触角上的感器主要分为以下几类:毛形感器 sensillum trichoid (st)、锥形感器 sensilla bascionica (sb)、耳形感器 sensilla auricillica (sa)、棒状感器 sensillum finger (sf)、板状感器 sensilla placodeum (sp)、微孔感器 sensillum microporous (sm)、钟形感器 sensilla campaniform (scp)及刺 sensilla chaetica (sc)。各种感器的形状、着生部位描述如下:

锥形感器(sb),又称为 Böhm 氏鬃毛,是触角上变异类型最多的一种感器(图 1:sb_1 ~ sb_7),基部有呈圆台形隆起的底座,底座中央着生形态不同的小锥。sb_1 类型基部圆台直径约 7 μm,锥底直径 2.3 μm,锥顶钝,高约 6.5 μm,主要分布于触角的第 8 节至第 10 节上,数量较多;sb_2 类型数量少于 sb_1 类型,圆台直径 5.5 μm,锥的下部较扁平,高 5.8 μm,分布于触角的第 8 节至第 10 节上;sb_3 类型呈葫芦状,上有纵纹,锥高 5 μm,基部圆台直径 10 μm,处于较宽深的内陷中,雄性第 8 节至 11 节均有,但数量稀少;sb_4 类型呈分叉状(或称齿状),有的基部分叉有的顶端分叉,基部圆盘直径 6 ~ 7 μm,锥高 6 ~ 9 μm,数量很少,分布于触角的第 8 节至第 10 节上;sb_5 类型数量极少,基部圆台直径约 7.8 μm,锥高约 20 μm,上部钝尖,锥底直径 3 μm,锥的中部直径约 3.5 μm,中下部窄处约 2.2 μm;sb_6 类型锥高约 9 μm,基部圆盘直径约为 6.2 μm,数量略少于 sb_2 类型;sb_7 类型基部圆盘直径约 7.2 ~ 8.2 μm,锥高约 10 ~ 12 μm,数量和 sb_1 类型差不多,广泛分布于触角第 7 到第 11 节上。

毛形感器 (st)也有较多的亚类型(图 1 中的 st 和图 2 中的 st_1、st_2)。st 型毛形感器(图 1:st)长度约为 160 μm,在触角第 3 至 6 节稀疏分布,在其他节上则主要分布于白线所围区域外,如图 3 所示。st_1 类型表面有纵纹,基部无圆台,其长短和形状在雌、雄虫间和不同触角节间有一定的差异,如雄性触角第 11 节的毛形感器 st_1 基部直径约为 6 μm 左右,长 35 ~ 38 μm(图 2:A),但也有的 st_1 毛形感器长为 100 μm 左右(图 2:B);雌性触角第 11 节的 st_1 类型毛形感器短粗,基部直径 4.5 μm,长 17 μm 左右(图 2:C)。st_2 类型的毛形感器基部有圆台,但感器表面光滑无纵纹,雄性第 11 节的 st_2 类型基部圆台直径 7.5 ~ 8 μm,毛长 32 ~ 37 μm(图 2:A);雌性第 11 节 st_2 类型的基部圆台直径 6.5 μm,毛长约 10 μm,底部直径 3 μm 左右(图 2:D)。

耳形感器(sa)数量较多(图 1:sa_1 和 sa_2),广泛分布于触角第 6 至第 11 节上,表面光滑,基部圆台呈双台叠式,直径 6 ~ 8 μm 左右,处于较深宽的凹陷中,耳高 11 ~ 12 μm 左右。

钟形感器(scp)(图 1:scp),隆起的圆台直径

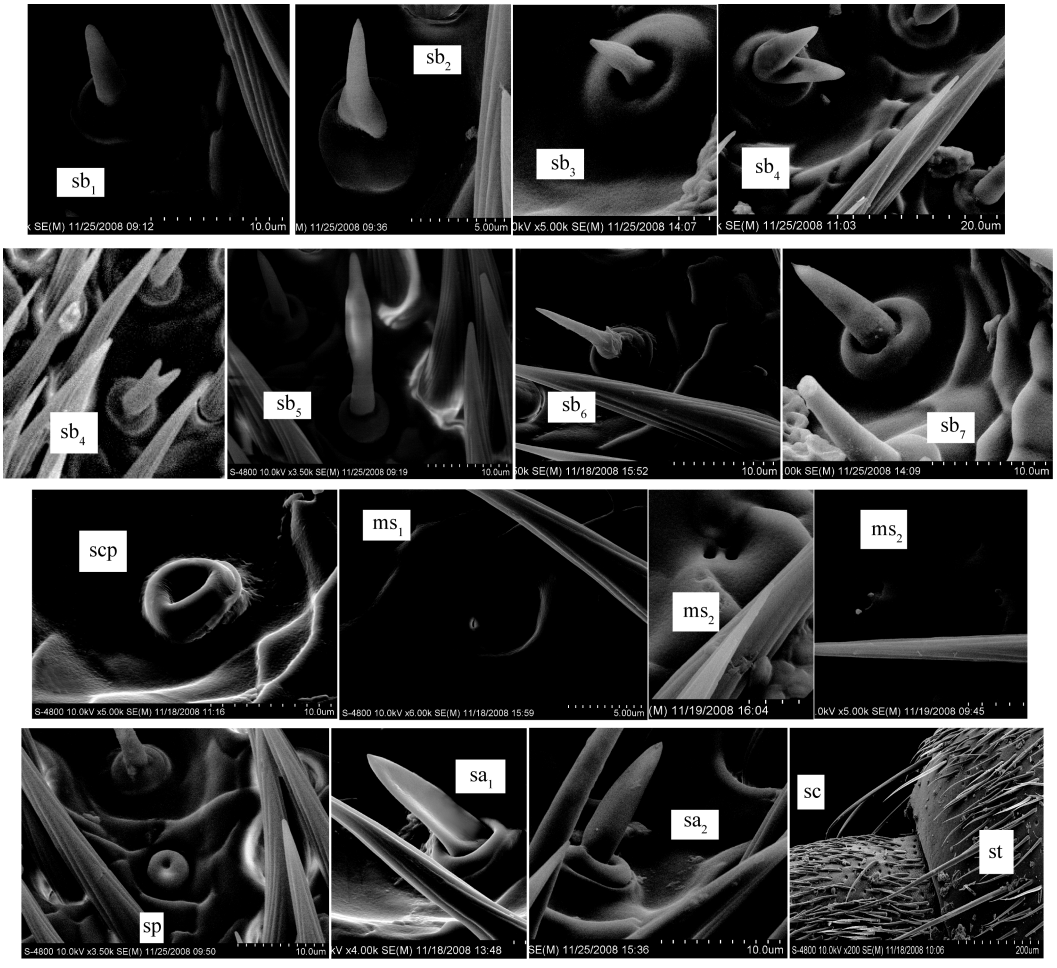

图 1　栗山天牛触角上几种形态不同的感器类型

Fig. 1　Different sensilla types on the antennae of *Massicus raddei*

锥形感器 sensilla bascionica (sb); 钟形感器 sensilla campaniform (scp); 微孔感器 sensillum microporous (ms_1 and ms_2); 板形感器 sensilla placodeum (sp);耳形感器 sensilla auricillica (sa); 刺形感器 sensilla chaetica (sc); 毛形感器 sensillum trichoid (st).

8 μm 左右,内径为 4 μm 左右,部分鞭节上有,数量极少。

微孔感器(ms)(图 1:ms_1 和 ms_2)。ms_1 的孔直径约 1.6 ~ 1.7 μm,外部凹窝为 6 μm × 5 μm,仅发现位于雌虫触角第 6 节; ms_2 的孔直径 0.7 ~ 0.8 μm,各节均有,常成簇分布。

板形感器(图 1:sp),圆板直径 4.8 μm,中心圆孔直径为 0.8 μm 左右。

刺形感器(图 1:sc),长达 360 ~ 380 μm 间,位于触角各节节间的端部,极稀疏。

棒状感器(sf)顶端钝,光滑无纵纹。雄性第 11 节分布较多,长约 100 μm 左右(图 2:B),雌性触角上数量极少,长 28 μm 左右,最粗处直径 6 ~ 7 μm(图 2:C)。

2.2　不同感器在雄性触角上的分布

触角的柄节和转节上分布有极少量图 1 中 st 类型的毛形感器,未发现其它感器。各种感器在鞭节上从基部到端部的分布呈密度逐渐增加的态势,并且主要分布在触角内侧,各节背部和外侧分布的 st 毛形感器(图 1:st)与 st_1 和 st_2 毛形感器不同,可能是起机械感受作用的感器。

触角第 3、4、5 节的 st 毛形感器极稀,并有少量微孔(图 1:ms_2),每节的端部有刺(图 1:sc),未发现其它感器;第 6 节上 st 感觉毛也稀,触角内侧的感器分布面积很小,如图 3(A)白色圈起部分示第 6 节端部的感器所在区域,面积约为 0.15 mm^2,此区毛形感器 st_2 和锥形感器开始出现,有 10 ~ 20 个左右,并有数个耳形感器,本节上也有微孔;第 7

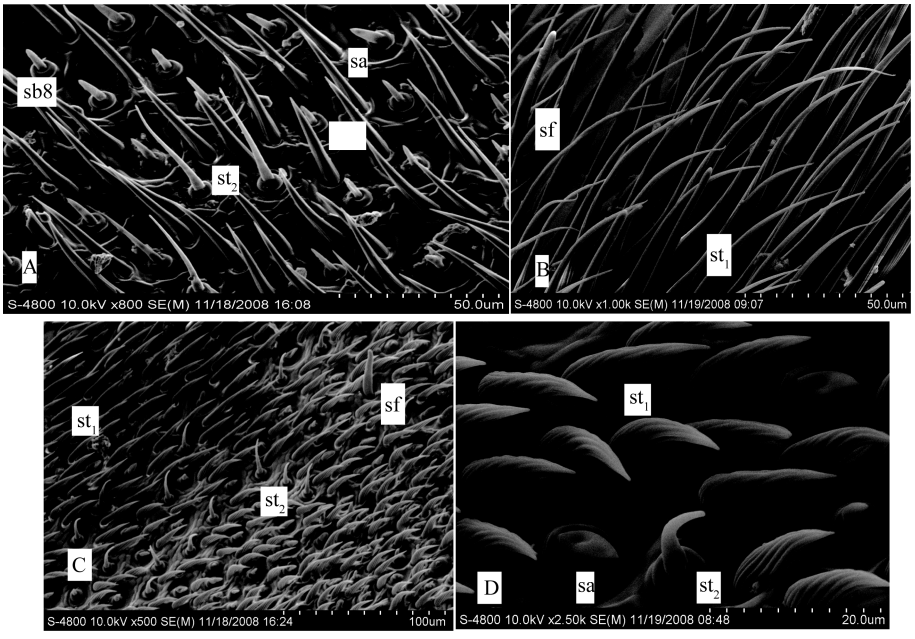

图 2 雄性(A,B)和雌性(C,D)触角第 11 节

Fig. 2 The eleventh antennal segment of male (Fig. A and Fig. B) and female (Fig. C and Fig. D)

毛形感器(st_1),上有纵纹, 基部无圆台 sensillum trichoid with longitudinal grain but no circular platform (st_1); 毛形感器(st_2),表面光滑,基部有圆台 sensillum trichoid with smooth surface and circular platform (st_2);棒状感器,表面光滑,顶端钝 sensillum finger with smooth surface and blunt apex (sf); 耳形感器 sensilla auricillica (sa).

节上的感器主要分布在该节端部内侧区的小块锲形区域内(图 3:B),约为 0.18 mm^2,比第 6 节的感器面积大,st_1 毛形感器多于第 6 节,约有 423 个,st_2 毛形感器约有 38 个,锥形感器 82 个,耳形感器 6 个,外侧与背侧则为稀疏的 st 毛形感器;第 8 节内侧的感器远多于第 7 节,如图 3(C)示第 8 节上感器所形成的纵带,面积约为 0.219 mm^2,感器在中部的数量略少于两端,st_1 毛形感器约有 431 个,st_2 毛形感器约有 52 个,锥形感器 39 个,耳形感器约 32 个,本节外侧与背部分布有较密的 st 类毛形

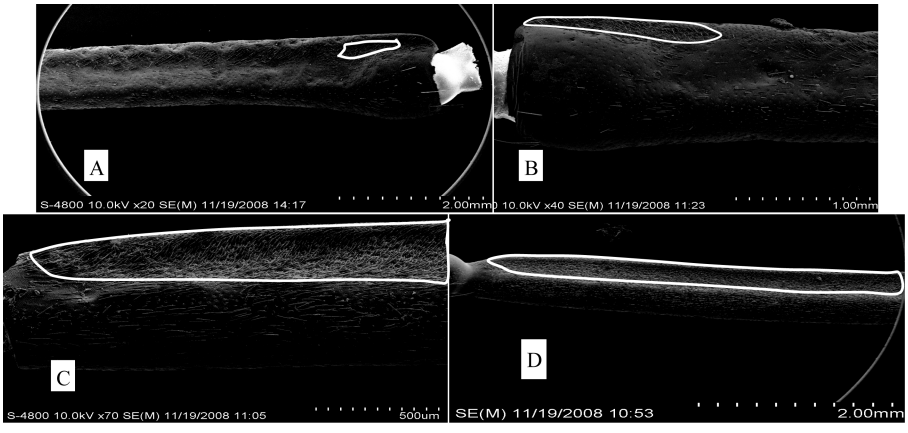

图 3 感器在几节雄性触角节上的分布区域示意

Fig. 3 Sensillum distribution on several antennal segments of male *Massicus raddei*

A:第 6 节 the sixth antennal segment; B:第 7 节 the seventh antennal segment; C:第 8 节 the eighth antennal segment; D:第 10 节 the tenth antennal segment;感器的主要分布区域以红线圈出 main sensillum distribution area circled by red line.

感器;第 9 节上各种感器都有,以 st_1 和 st_2 毛形感器为多,锥形和耳形感器次之,数量多于第 8 节但少于第 10 节;第 10 节的毛形(st_1 和 st_2)、锥形及耳形感器分布都较多,在该节内侧形成一条完整的纵带(图 3:D),各种感器的数量均多于第 9 节,本节外侧和背侧的 st 类毛形感器分布较密;第 11 节有毛形、耳形、锥形感器,其中毛形和锥形较多,分布密集,数量不详,但耳形感器较少。第 9、10、11 节均有微孔(ms_2),但较稀少。

2.3　不同感器在雌性触角上的分布

各种感器在触角上的分布与雄性类似,但略有不同。从第 3 至 5 节触角上只有稀疏的 st 类毛形感器分布,每节的端部具刺(图 1:sc)。第 6 节近端部内侧端有个别的耳形感器,其余多为 st_1 毛形感器,锥形和 st_2 型毛形感器极少;第 7 节上的 st_1 型毛型感器约 408 个,st_2 型毛型感器约 58 个,耳形感器约为 47 个、锥形感器较多约为 140 个,其它同雄虫第 7 节;第 8 节的 st_1 毛形感器约 486 个,st_2 毛形感器约为 31 个,耳形约为 48 个、锥形感器约为 117 个,其它同雄虫第 8 节;第 9 节上各类感器均有,锥形、耳形、st_2 类毛形感器均多于第 8 和第 10 节,但 st_1 类毛形感器少于第 10 节;第 10 节上各类感器均有,类似雄虫第 10 节;第 11 节上的 st_1 类毛型感器如雄虫第 11 节般非常密,数量不详,但明显较短,本节上也分布有部分耳形感器和 st_2 型毛形感器,锥形感器数量少于前两者。

3　讨论

目前国际上还没有对昆虫感器的类型制定统一命名规则,一般是根据触角感器的直观形态特征或参考直观形态特征来命名(Schneider,1964)。有关昆虫触角感受器的形态结构与功能的关系,已有不少报道,一般来说,昆虫生活环境越简单,天敌越少,感器的类型也就越少,数量也少,反而言之昆虫的生活环境越复杂,触角感器的类型也越复杂,感器的数量也越多,并且有部分感器形状发生变异,这种现象可能是昆虫为适应自身生活环境所产生的进化现象(陈湖海和康乐,1998)。不同类型的感器可能会有不同的作用,毛状感受器是昆虫感受性信息素的主要器官,此外可能还具有其他功能;刺状感受器对机械振动有反应,另外还有选择行为环境的功能,如求偶微环境和适宜场所选择等,对温湿度敏感;锥形感受器具有识别气味的能力,为嗅觉感受器,对植物气味有感受作用;耳形感器的形状变化比较大,推测其功能与接收音波有关系,但是其具体的生理功能还不为所知,有待进一步研究;钟状感受器和坛状感受器对气味、二氧化碳、温湿度敏感(黄学军和薛瑞德,1990);板状感受器具有嗅觉功能等,当然相同类型的感受器在不同昆虫之间也有很大的差别。栗山天牛触角上的微孔感器在有些文献中称其为表皮孔(徐波等,2007)。本文只对栗山天牛的感器类型做了初步的形态观察,只有对栗山天牛触角上的各种感器开展进一步的超微结构观察和电生理实验,才能够明晰各种感器的具体功能,比如,有些明显存在变异的感器,如锥形感器的一些类型,其功能是否与其它锥形感器的功能一致,有待采取透射电镜(孙飞等,2010)和单细胞记录仪进行深入的研究。除此之外,感器的类型、分布与其个体生活环境的关系还需要深入研究。

各种类型感器在栗山天牛各节鞭节上的数量分布差异很大,本文对各节上的感器数量作了粗略的估计,但只对与栗山天牛近距离嗅觉行为(作者另文发表)较为相关的第 6、7、8 鞭节上的感器数量作了较为准确的估计。如果已通过单细胞记录仪等电生理手段确知某一种感器的功能,准确的统计该种感器的数量将具有一定的意义。

参考文献(References)

Barlin MR, Vinson SB, 1981. Multiporous plate sensilla in antennae of the Chalcidoidea (Hymenoptera). *Int. J. Insect Morphol. Embryol.*, 10(1):29-42.

Hintze-Podufal C, Otto B, 1975. External morphology of antennae and their sense organs in the roach *Gromphadorhina brunneri* (Blattoidea: Dictyoptera). *Morphology*, 146(2):251-263.

Ochieng SA, Hallberg E, Hansson BS, 1998. Fine structure and distribution of antennal sensilla of the desert locust *Schistocerca gregaria* (Orthoptera: Acrididae). *Cell Tissue Res.*, 291(3):525-536.

Ramaswamy SB, Gupta AP, 1981. Sensilla of the antennae and the labial and maxillary palps of *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera: Blattellidae): Their classification and distribution. *Morphology*, 168(3):269-279.

Schaller L, 1982. Structural and functional classification of antennal sensilla of the cockroach, *Leucophaea maderae*.

Cell Tissue Res., 225:129 – 142.

Schneider D, 1964. Insect antennae. *Annu. Rev. Entomol.*, 9:103 – 122.

Tominaga Y, Yokohari F, 1982. External structure of the sensillum capitulum, a hygro-and thermoreceptive sensillum of the cockroach, *Periplaneta americana*. *Cell Tissue Res.*, 226(2):309 – 318.

陈湖海, 康乐, 1998. 蝗虫触角感受器及其生态学意义. 动物学杂志, 33(3):46 – 49.

陈世骧, 谢蕴贞, 邓国藩, 1959. 中国经济昆虫志(第一册)天牛科. 北京:科学出版社. 43.

程红, 严善春, 徐波, 李杰, 彭璐, 2007. 青杨脊虎天牛触角主要感器的超微结构及其分布. 昆虫知识, 45(2): 223 – 232.

黄学军, 薛瑞德, 1990. 蚊虫触角感器的形态与功能. 中国媒介生物学及控制杂志, 6(1):386 – 387.

马瑞燕, 杜家纬, 2000. 昆虫的触角感器. 昆虫知识, 37(3):179 – 183.

宁眺, 刘拥军, 孙江华, 2004. 松墨天牛成虫头部感受器超微结构的观察. 昆虫知识, 41(6):566 – 571.

孙飞, 李祥瑞, 刘小侠, 张青文, 2010. 松褐天牛六种类型的触角感器的超微结构. 昆虫知识, 47 (2):347 – 354.

唐艳龙, 杨忠岐, 魏建荣, 王小艺, 王晓红, 王伟, 2010. 栗山天牛研究进展. 中国森林病虫, 29(3):30 – 33, 26.

徐波, 张健, 程经, 严善春, 2007. 青杨脊虎天牛触角表皮孔的超微结构及其分布. 东北林业大学学报, 35(11):89 – 91.

诸葛飘飘, 罗森林, 王满囷, 张国安, 2010. 云斑天牛头部附器感器的扫描电镜观察. 林业科学, 46(5):116 – 121.