

若干种天牛幼虫外部形态结构与 危害特性的适应关系

王莹* 骆有庆** 张燕如 任利利

(北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室 北京 100083)

摘要 本研究在观察比较隶属于鞘翅目天牛科 3 亚科 16 种天牛幼虫的外部形态特征的基础上,从结构与功能的角度,初步总结了天牛幼虫外部形态特征与危害特性的关系。结果表明:天牛亚科幼虫的上颚为圆凿型,沟胫天牛亚科和幽天牛亚科的幼虫上颚则为楔型。上颚圆凿型的天牛幼虫,外露上颚部分占头部面积比例值越小,上颚越发达;上颚楔型的天牛幼虫,外露上颚部分占头部面积比例值越大,上颚越发达。及时将粪屑排出蛀道外的幼虫之前胸背板、背腹部步泡突较发达,具有粗大的瘤突,气门相对面积比例较大;相反,不及时排出粪屑类的幼虫之前胸背板、背腹部步泡突不发达,多具细皱纹,气门相对面积比例较小。

关键词 天牛幼虫, 形态结构, 功能, 习性

Adaptability of external morphological structures and capacity for crop damage of some cerambycid larvae

WANG Ying* LUO You-Qing** ZHANG Yan-Ru REN Li-Li

(Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract The adaptability of external morphological structures of the larvae of 16 cerambycid species from 3 subfamilies of the Cerambycidae and the capacity of each species to cause crop damage, was assessed by observing and comparing their external morphological structures. The results show that larvae of the subfamily Cerambycinae had gouge-shaped mandibles, and that larvae of the subfamilies Lamiinae and Aseminae had wedge-shaped mandibles. In larvae with gouge-shaped mandibles, the smaller the area ratio of visible mandible to head, the stronger its mandible is. In larvae with wedge-shaped mandibles, the larger the area ratio of visible mandible to head, the stronger its mandible is. The pronotum and ambulatory ampullae of larvae which discharge faeces and sawdust more quickly are more developed, with tough and large verrucae, and the relative area of their spiracles is larger. In contrast, the pronotum and the ambulatory ampullae of larvae which discharge less faeces and sawdust are less developed, having fine wrinkles and smaller spiracles.

Key words cerambycid larvae, morphological structures, function, habit

天牛隶属于鞘翅目 (Coleoptera), 天牛科 (Cerambycidae), 是重要的林木害虫。绝大多数天牛种类的幼虫蛀食木本植物的主干、枝桠, 少数取食根, 草本植物的茎。危害主干的幼虫大多先在韧皮部蛀食, 逐步蛀入木质部, 靠硬化的前胸背腹部步泡突在蛀道中移动, 或及时排出木渣和粪便, 或将粪屑留在蛀道, 破坏输导系统, 造成林木损害 (蒋书楠, 1989; 刘玉卿和赵化奇, 2009)。

我国对天牛幼虫的研究主要集中在形态结构、生活史、空间分布型、生活习性和消化酶等方向 (蒋书楠, 1989; 华立中, 1991; 刘康成, 1997; 彩万志, 2001; 郑元捷等, 2006; 郑元捷, 2007)。王玲等 (2008), 宋月芹等 (2009) 分别研究了不同龄期幼虫气门的形态变化; 殷幼平 (1987) 曾比较天牛消化道的解剖特征, 研究消化道形态与食性及消化的适应关系; 黄大庄等 (1997) 采用桑天牛幼虫

* E-mail: wangying0013@126.com

** 通讯作者, E-mail: yqluo@bjfu.edu.cn

收稿日期: 2012-03-08, 接受日期: 2012-08-02

排粪量多少表示其活动强弱的方法研究幼虫活动规律,杨建霞(2008)利用松墨天牛 *Monochamus alternatus* Hope 幼虫钻蛀习性和体内酶活性的关系,反映松墨天牛对寄主植物的适应性。由于昆虫的形态总是与其功能、生活环境相适应,故探讨天牛幼虫的形态与其危害习性的关系就具有重要意义,但前人对此缺乏深入研究。为此本研究侧重于天牛幼虫的取食习性(包括主要取食部位、寄主树种材质、是否排粪等)与幼虫上颚、前胸背板、步泡突和气门等的形态特征及其相互关系。

1 材料与方法

1.1 试验材料和仪器设备

本研究选取了 16 种天牛幼虫进行观察(9 种为老熟幼虫、7 种为中幼龄幼虫)。观察标本由北京林业大学森林保护实验室提供。所用仪器设备包括:Leica-EZ4D 体视镜和 ImageJ1.43u 软件。检视标本名录如下:

老熟幼虫包括:天牛亚科:栎旋木柄天牛 *Aphrodisium sauteri* Matsushita; 柠条绿虎天牛 *Chlorophorus caraganai* Xie & Wang; 双条杉天牛 *Semanotus bifasciatus* (Motschulsky); 红缘天牛 *Asias halodendri* (Pallas); 沟胫天牛亚科:榕八星白条天牛 *Batocera rubus* (L.); 松墨天牛; 光肩星天牛 *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky); 云斑天牛 *Batocena horsfieldi* (Hope); 幽天牛亚科:松幽天牛 *Asemum amurense* Kraatz。

中幼龄幼虫包括:天牛亚科:栗山天牛 *Massicus raddiei* (Blessig); 刺角天牛 *Triachys orientalis* Hope; 桃红颈天牛 *Aromia bungii* (Falderman); 沟胫天牛亚科:粒肩天牛 *Apriona germari* (Hope); 锈色粒肩天牛 *Apriona swainsoni* (Hope); 青杨天牛 *Saperda populnea* (L.); 幽天牛亚科:脊鞘幽天牛 *Asemum striatum* (L.)。

1.2 方法

将浸泡标本置于 25% 浓度酒精中浸泡 10 ~ 20 min,取出后置于 Laica-EZ4D 体视镜下观察、拍照,并使用 Image J 进行测量。

1.2.1 用 Image J 测量幼虫长度、面积参量和计算

长度测量:打开软件,选择拍摄好的形态图像,设定需要值 Length,然后进行长度测量,单位

为 dot。

面积测量:打开软件,选择拍摄好的形态图像,设定需要值 Area,然后通过选定待测区域进行面积测量,单位为 dot。

实际长度(mm) = 测量的长度像素点数(dot) × 单位像素的实际长度(mm/dot),

实际面积(mm²) = 测量的面积像素点面积值(dot²) × {单位像素的实际长度(mm/dot)}²。

1.2.2 上颚的观察 分别测量 9 种老熟幼虫外露上颚和头的长(上颚、头部腹面观横切最大值)、宽值(上颚、头部腹面观纵切最大值)(图 1:A),并计算上颚与头长的比值 Ql 和宽的比值 Qw。

$$\text{上颚/头长比值}(Ql) = \frac{\text{上颚长}(\text{mm})}{\text{头长}(\text{mm})},$$

$$\text{上颚/头宽比值}(Qw) = \frac{\text{上颚宽}(\text{mm})}{\text{头宽}(\text{mm})},$$

$$\text{上颚/头面积比值}(Qa) = Ql \times Qw。$$

1.2.3 前胸背板和步泡突的观察 将浸泡标本置于 25% 浓度酒精中浸泡 10 ~ 20 min,取出后置于体视镜下观察和描述前胸背板、步泡突各部分特征。

1.2.4 气门的观察 分别测量 9 种老熟幼虫以下指标,各体节长度 L(mm)(头、胸、腹腹面观横切最大值)、宽度 W(mm)(头、胸、腹背面观纵切最大值,图 1:B)和高度 H(mm)(头、胸、腹侧面观纵切最大值,图 1:C),中胸和各腹节气门长直径 Ld(mm)、短直径 Sd(mm)(图 1:D)和面积 S(mm²),并计算:

$$\text{气门长直径/短直径比值}(M) = \frac{Ld(\text{mm})}{Sd(\text{mm})},$$

$$\text{气门面积比例}(Q) = \frac{S(\text{mm}^2)}{L(\text{mm}) \times H(\text{mm})} \times 100。$$

2 结果与分析

2.1 上颚形态特征

天牛幼虫终生营钻蛀性生活,通过上颚取食木材。本研究观察了 9 种天牛老熟幼虫上颚形态特征,测量比较外露上颚与头长的比值、宽的比值,将其主要特征归纳于表 1。

2.1.1 天牛幼虫的上颚类型 天牛幼虫上颚发达,根据端部的结构分为圆凿型和楔型。圆凿型上颚端部钝圆,呈匙状(如刺角天牛,图 2:A);楔

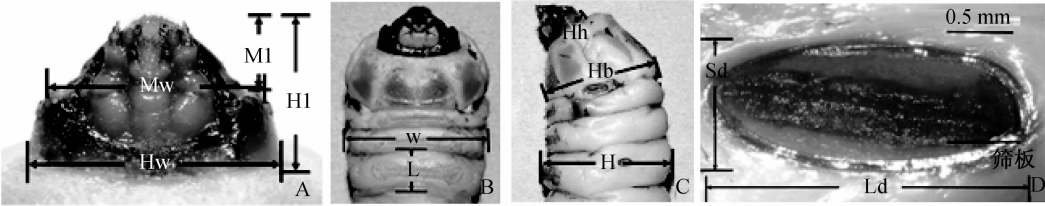


图 1 测量光肩星天牛幼虫各指标示意图

Fig. 1 The measuring schematic diagram of the larvae of *Anoplophora glabripennis*

A. 上颚长 Ml、上颚宽 Mw、头长 Hl 和头宽 Hw; B. 体节长 L 和宽 W; C. 头高 Hh、前胸高 Hb 和体节高 H; D. 胸气门 (长直径 Ld, 短直径 Sd)。
A. the length and width of exerted-visible mandible (Ml, Mw) and head (Hl, Hw); B. the length and width of body segment (L, W); C. the height of body segment (Hh, Hb, H); D. the external morphology of thoracic spiracle (Ld, Sd).

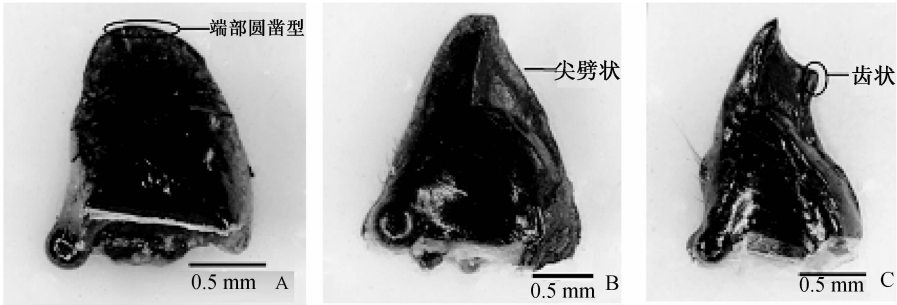


图 2 幼虫右上颚腹面图

Fig. 2 The ventral view of the right mandible of the larve

A. 圆凿型刺角天牛; B. 锈色粒肩天牛; C. 松墨天牛。
A. gouge-shaped mandible; *Triachys orientalis*; B. wedge-shaped mandible; *Apriona swainsoni*;
C. dentate-shaped mandible; *Monochamus alternatus*.

型上颚端部顶端突出,有的呈尖劈状 (如锈色粒肩天牛,图 2: B),有的呈齿状 (如松墨天牛,图 2: C)。天牛亚科的栎旋木柄天牛、柠条绿虎天牛、双条杉天牛和红缘天牛均为圆凿型,沟胫天牛亚科的云斑天牛、榕八星白条天牛、松墨天牛、光肩星天牛和幽天牛亚科的松幽天牛则为楔型。从表 1 上颚宽与头宽比值 Q_w 中发现,天牛亚科比值普遍低于沟胫天牛亚科。

2.1.2 上颚发达程度与危害树种类型的关系

上颚的发达程度和危害树种的材质有一定的关系。木材按硬度通常分为软材 (如针叶树) 和硬材 (如阔叶树)。本研究中双条杉天牛、松幽天牛和松墨天牛主要危害针叶树种,栎旋木柄天牛、柠条绿虎天牛、红缘天牛、榕八星白条天牛、光肩星天牛和云斑天牛主要危害阔叶树种。从表 1 中发现,上颚为楔型的天牛中,危害针叶的幼虫 Q_a 值

小于危害阔叶类幼虫,如松幽天牛 Q_a 值 (0.19) 分别小于光肩星天牛 Q_a 值 (0.30) 和云斑天牛 Q_a 值 (0.40)。上颚为圆凿型的天牛中,危害针叶的幼虫 Q_a 值大于危害阔叶类幼虫,如双条杉天牛 Q_a 值 (0.36) 大于栎旋木柄天牛 Q_a 值 (0.31) 和柠条绿虎天牛 Q_a 值 (0.33)。可能楔型上颚的天牛,上颚占头部面积比例越大,上颚越发达;上颚为圆凿型的天牛,上颚占头部面积比例越小,其上颚越发达,取食能力越强。

2.1.3 上颚发达程度与危害部位的关系

天牛幼虫是典型的钻蛀性害虫,松幽天牛危害较广,既蛀干又蛀根,松墨天牛、栎旋木柄天牛、榕八星白条天牛、双条杉天牛、松墨天牛、光肩星天牛和云斑天牛主要危害主干,柠条绿虎天牛和红缘天牛主要危害枝干。松幽天牛上颚与头长、宽、面积的比值均显著小于其他危害干部的天牛幼虫。

表 1 9 种天牛幼虫外露上颚与头壳长、宽、面积比例

Table 1 The length, width and area ratio of exerted-visible mandible to head of 9 cerambycid larvae

亚科 Subfamily	种类 Species	上颚类型 Type of mandible	上颚长/ 头长值 (Ql) Length ration of mandible to head(Ql)	上颚宽/ 头宽值 (Qw) Width ration of mandible to head(Qw)	上颚面 积/头 面积(Qa) Area ration of mandible to head(Qa)	危害 部位 Harming position	韧皮部/ 木质部 Phloem or xylem	危害 树种 Type of trees
天牛 亚科	栎旋木柄天牛 <i>Aphrodisium sauteri</i> Matsushita	圆凿型	0.51	0.62	0.31	主干	木质部	阔叶树栎树
	柠条绿虎天牛 <i>Chlorophorus caraganai</i> Xie & Wang	圆凿型	0.52	0.63	0.33	枝干	木质部	阔叶树锦鸡儿
	双条杉天牛 <i>Semanotus bifasciatus</i> (Motschulsky)	圆凿型	0.57	0.62	0.36	主干	韧皮部	针叶树柏树
	红缘天牛 <i>Asias halodendri</i> (Pallas)	圆凿型	0.53	0.63	0.33	枝干	木质部	阔叶树沙棘
沟胫天 牛亚科	榕八星白 条天牛 <i>Batocera rubus</i> (L.)	楔型 (尖劈状)	0.55	0.70	0.38	主干	木质部	阔叶树榕树
	松墨天牛 <i>Monochamus alternatus</i> Hope	楔型 (齿状)	0.40	0.72	0.29	主干	木质部	针叶树马尾松
	光肩星天牛 <i>Anoplophora glabripennis</i> (Motschulsky)	楔型 (尖劈状)	0.40	0.73	0.30	主干	韧皮部 与木质部	阔叶树杨树
	云斑天牛 <i>Batocena horsfieldi</i> (Hope)	楔型 (尖劈状)	0.56	0.71	0.40	主干	木质部	阔叶树白蜡
幽天牛 亚科	松幽天牛 <i>Aseum amurense</i> Kraatz	楔型 (尖劈状)	0.39	0.48	0.19	蛀干蛀根	木质部	针叶树红松

从树木的结构看,天牛的危害部位分为韧皮部和木质部,其中双条杉天牛主要危害韧皮部,余

下 8 种天牛主要危害木质部。根据木材硬度划分,木质部硬度强于韧皮部,主要危害木质部的幼虫上颚更加发达。上颚圆凿型并危害主干的天牛中,危害木质部的栎旋木柄天牛 *Qa* 值(0.31)小于危害韧皮部的双条杉天牛 *Qa* 值(0.36),上颚更为发达。上颚楔型,危害阔叶树主干的天牛中,主要取食木质部的榕八星白条天牛 *Qa* 值(0.38)和云斑天牛 *Qa* 值(0.40)大于取食韧皮部和木质部的光肩星天牛 *Qa* 值(0.30),上颚更为发达,取食能力更强。这也验证了上文上颚占头部面积比例与上颚发达程度的关系。

2.2 前胸背板形态特征

前胸背板和背腹面步泡突是天牛幼虫的主要行动器官。天牛幼虫前胸发达,前胸背板大型,因其易于观察不易变形常用作分类识别的重要特

征。

天牛幼虫在取食过程中,有的在蛀道中移动,及时排出木渣和粪便,有的幼虫蛀入后,并不及时排出粪便,隧道内充塞木粉和排泄物。因而据此将幼虫分为及时排出粪便和不及时排出粪便两类(后文简称为排粪类和不排粪类)。

本研究观察了光肩星天牛、桑天牛、松幽天牛、榕八星白条天牛、红缘天牛等 16 种天牛幼虫前胸背板,将其主要形态特征归纳如表 2。从表 2 中可以看出,观察的幼虫均翼瓣发达,具明显侧沟和上侧片,背中线上前半明显。排粪与不排粪类天牛幼虫前胸背板上亚侧陷,后背板褶等形态特征,未表现出规律性特征。沟胫天牛亚科多具后背板褶,松幽天牛亚科和天牛亚科多不具后背板褶。

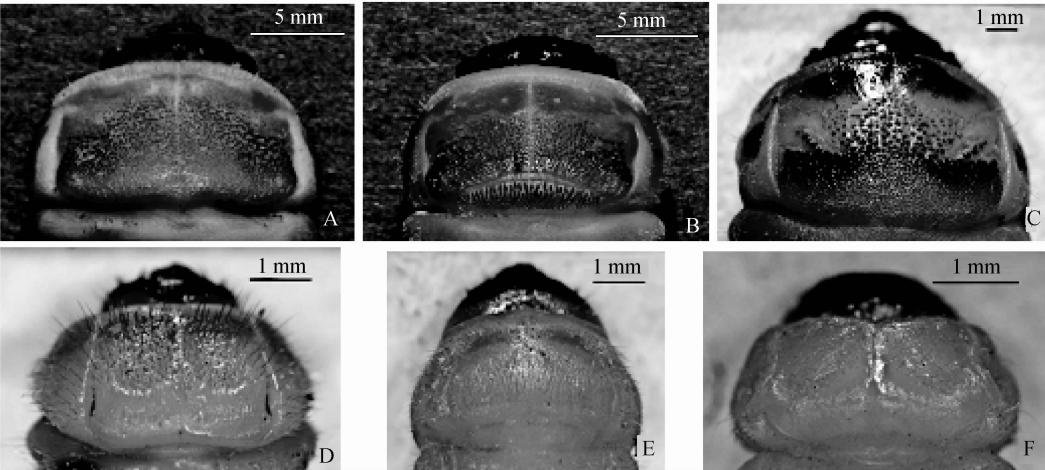


图 3 天牛幼虫前胸背板

Fig. 3 The pronotum of cerambycid larva

A. 云斑天牛 *Batocena horsfieldi*; B. 榕八星白条天牛 *Batocena rubus*; C. 粒肩天牛 *Apriona germari*;
D. 红缘天牛 *Asias halodendri*; E. 双条杉天牛 *Semanotus bifasciatus*; F. 柠条绿虎天牛 *Chlorophorus caraganai*.

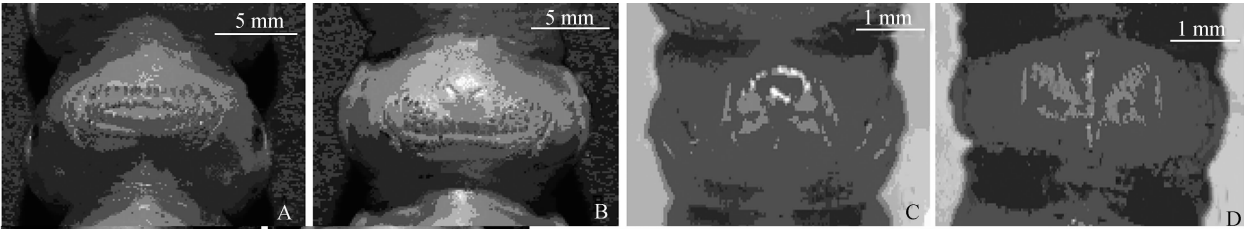


图 4 天牛幼虫步泡突

Fig. 4 The ambulatory ampullae of cerambycid larva

A、C 为背部步泡突; B、D 为腹部步泡突(A、B 为云斑天牛, C、D 为红缘天牛)。
A, C. the back of abdomen; B, D. the ventral side of abdomen(A, B; *Batocena horsfieldi*; C, D; *Asias halodendri*).

表 3 16 种天牛幼虫背、腹步泡突形态特征

Table 3 The morphological characteristics of ambulatory ampullae of 16 cerambycid larvae

种类 Species	背步泡突 Ambulatory ampullae on the back of abodomen	腹步泡突 Ambulatory ampullae on the ventral side of abodomen	排粪与否 Timely discharged or not
光肩星天牛 <i>Anoplophora glabripennis</i> (Motschulsky)	2 横沟及 4 列念珠状瘤突,瘤突表面密布极微细的刺粒,各瘤突或多或少互相愈合	1 横沟及 2 列瘤突	排
桑天牛 <i>Apriona germari</i> (Hope)	2 横沟,4 列刺突,两侧弧形纵沟内密布刺突	1 横沟,两侧各具 1 弧形纵沟,盾片板上密布刺突	排
锈色粒肩天牛 <i>Apriona swainsoni</i> (Hope)	具 2 横沟,两侧各具 1 弧形纵沟,盾片板密布凿刺状小颗粒,不显著突起成瘤突	1 横沟,沟前方刺突远多于沟后方的中段	排
云斑天牛 <i>Batocena horsfieldi</i> (Hope)	2 横沟,4 横列念珠状瘤突,瘤突大小相似、显著突起,独立不相连,每列约 20 个左右,两侧各有 1 弧形斜沟	1 横沟,2 列念珠状瘤突,两侧各具 1 弧形斜沟,密布瘤突	排
榕八星白条天牛 <i>Bocera rubus</i> (L.)	2 横沟,4 列念珠状瘤突,瘤突大小相似,排列整齐,两侧各具 1 弧形纵褶	1 横沟,2 列念珠状瘤突,侧纵褶明显	排
栗山天牛 <i>Massicus raddiei</i> (Blessig)	2 横沟,后横沟一侧瘤突明显	1 横沟,2 侧沟,瘤突光滑,较大	排
松墨天牛 <i>Monochamus alternatus</i> Hope	2 横沟,1 纵中沟,4 列横列瘤突	1 横沟,2 列瘤突	排
栎旋木柄天牛 <i>Aphrodisium sauteri</i> Matsushita	1 横沟,2 列瘤突,瘤突大小不一,微隆起,各瘤突部分愈合	似“蝴蝶”状,1 横沟,2 列瘤突,瘤突长椭圆形,显著隆起,瘤突间或多或少愈合	排
刺角天牛 <i>Triachys orientalis</i> Hope	2 横沟,4 横列念珠状瘤突,每列约 15 个左右,瘤突大小相似,均匀分布,显著突起,各瘤突独立不相连,两侧沟明显	盾片板显著隆起,呈“倒 8 字形”,1 横沟,2 列念珠状瘤突,瘤突排列不均	排
桃红颈天牛 <i>Aromia bungii</i> (Falderman)	具 2 横沟,中沟、侧纵褶明显,具细纹	横沟,侧纵褶明显,具网状纹	排
松幽天牛 <i>Asemum amurense</i> Kraatz	中沟明显,侧纵褶弯曲	有横沟,侧纵褶明显	不排
脊鞘幽天牛 <i>Asemum striatum</i> (L.)	中沟明显,表面散布细皱纹	侧纵褶明显	不排
青杨天牛 <i>Saperda populnea</i> (L.)	2 横沟,中沟、侧沟明显,散布褐色刺粒	1 横沟,2 侧沟,散布褐色刺粒	不排
红缘天牛 <i>Asias halodendri</i> (Pallas)	中沟明显,侧纵褶弯曲,呈"倒 8 字形"	1 横沟,中沟深宽,2 侧沟	不排
双条杉天牛 <i>Semanotus bifasciatus</i> (Motschulsky)	盾片板突出不明显,具中沟、侧纵褶	具横沟,中沟深宽	不排
柠条绿虎天牛 <i>Chlorophorus caraganaI</i> Xie & Wang	具中沟、侧纵褶不明显	中沟宽,具细纹	不排

通过对天牛幼虫前胸背板前半部和后半部进行了描述对比,发现及时将粪便排出的幼虫前胸背板后半部多具“凸”字纹、粗颗粒或刻点(如云斑天牛,图 3:A),而未及时排出粪便的种类则多具细皱纹,微粒或小圆点(如红缘天牛,图 3:D)。

2.3 步泡突形态特征

作为幼虫主要的行动器官,步泡突的发达程度直接反映天牛运动能力的强弱。幼虫腹部背面的泡突称为背步泡突,相应腹面的泡突称为腹步泡突。步泡突主要由盾片板组成,背步泡突盾片板由前后两条横沟和左右两支短纵褶组成近扁长方形区域;腹步泡突盾片板由一条横沟和两侧纵褶组成近“倒 8 字形”区域。

本研究观察了光肩星天牛、桑天牛、松幽天牛、榕八星白条天牛、红缘天牛等 16 种天牛幼虫步泡突,将其主要形态特征归纳如表 3。通过观察发现,排粪类天牛幼虫步泡突较为发达,表现为多具瘤突,且瘤突粗大,纵侧沟明显(如云斑天牛,图 4:A,B)。不排粪类天牛幼虫运动能力相对较弱,表现为多无瘤突,具细皱纹,侧纵沟浅(如红缘天牛,图 4:C,D)。幼虫通过步泡突与蛀道壁的摩擦在隧道内来回移动,步泡突瘤突越大越多其与蛀道壁的摩擦力越大,越有利于幼虫在蛀道中运动,因此步泡突瘤突的粗大程度在一定程度上能反应幼虫运动能力的大小。排粪类幼虫要将木屑和粪便及时排出蛀道,需要更强的运动能力,因而其瘤突的发达程度强于不排粪类幼虫。

2.4 气门形态特征

气门是昆虫气管在体壁上的开口,是昆虫呼吸系统的组成部分。它也是昆虫长期自然进化进程中与生境协同适应的结果。天牛幼虫中胸气门发达,后胸气门仅有痕迹,腹部第 1 至第 8 节各具气门 1 对,胸气门较中胸气门小,长椭圆形或卵形。气门结构为内闭式气门,在其气门门口具刷状筛板(图 1:D),防止细菌和雨水的侵入。

图 5 可以看出,幼虫 9 对气门中,中胸气门面积均最大,其次是腹部末端气门面积,均显著大于余下 7 对气门面积比例值。这可能是由于中胸气管与头、胸等器官相连,气门通过气体交换产生能量,维持其正常代谢与活动。同理,天牛幼虫腹部末端 3 节,仅第 8 腹节具有开口气门,腹末气门通过呼吸向末端消化道与生殖器官的正常代谢与活动提供能量。

在观察的 9 种老熟幼虫中,柠条绿虎天牛、松幽天牛、红缘天牛和双条杉天牛不将粪便及时排出蛀道,坑道内充满粪屑,空气流通不畅。同时,排粪类天牛会及时将木屑和粪便排出蛀道,保持蛀道内空气畅通。两类天牛都能在蛀道中维持正常的生命活动。因此,天牛的呼吸器官的对外开口——气门的构造与排粪习性有一定的关系。

图 5 显示,排粪类天牛中,栎旋木柄天牛气门面积值最大,榕八星白条天牛、云斑天牛、柠条绿虎牛次之;不排粪类的松幽天牛、红缘天牛和双条杉天牛气门面积值最低。排粪类天牛气门面积值显著大于不排粪类幼虫。这种结果可能是因为排粪类天牛幼虫及时排出粪屑,蛀道内空气畅通,幼

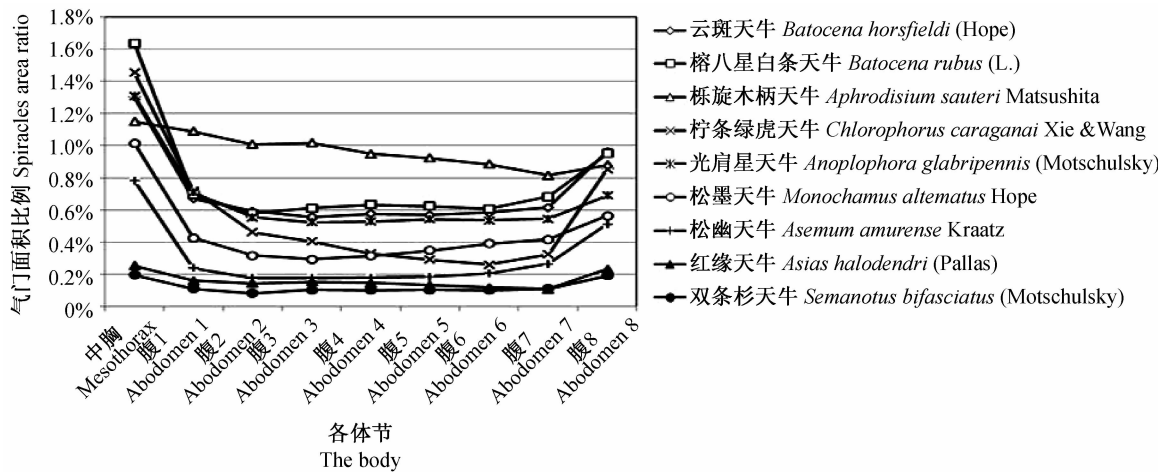


图 5 9 种天牛幼虫的各气门面积比例

Fig. 5 The area ratio of the spiracles of 9 cerambycid larvae

虫的运动量相对较大,需要通过大量的气体交换产生更多的能量,因而气门相对面积大于不排粪类天牛幼虫。相反,不排粪类天牛幼虫坑道内充满粪屑,空气流通不畅,运动量也相对较小,因而气门相对面积小于排粪类天牛幼虫。

图6中发现,天牛幼虫气门呈长椭圆形或卵

形。气门长直径/短直径比值可以反映气门的形状,比值越接近于1形状越接近于圆形。9种幼虫气门比值均大于1,中胸比值最大,腹末气门值也远大于1,说明幼虫气门整体呈椭圆形,而中胸和腹末气门形状更为扁平。可能是椭圆形气门更利于气体的交换,从而向其他器官输送能量。

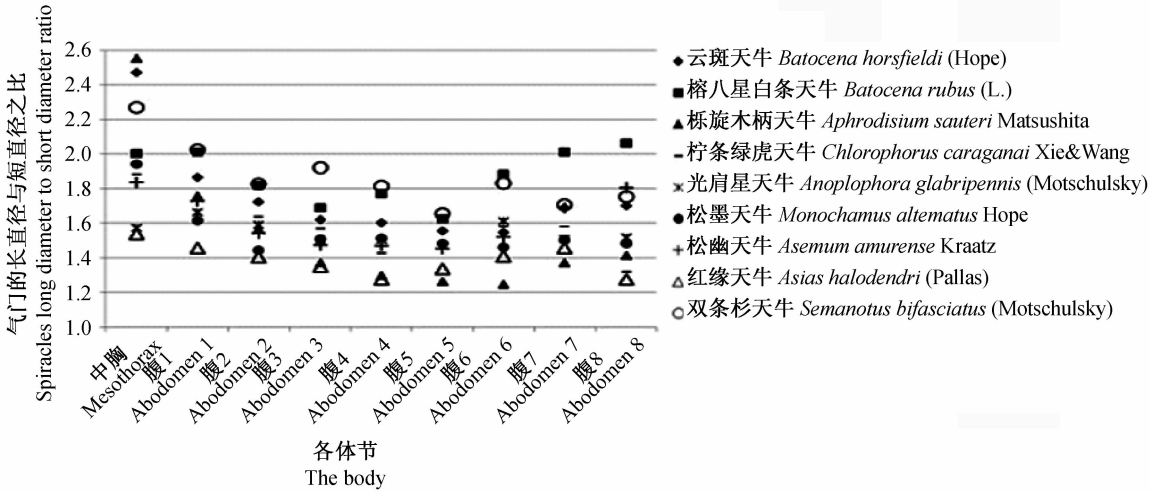


图6 9种天牛幼虫的各体节气门的长直径与短直径之比

Fig. 6 The ratio of long diameter to short diameter of the spiracles of 9 cerambycid larvae

3 讨论

本文研究了天牛幼虫上颚,前胸背板,步泡突和气门与其取食习性之间的联系。寄主材质、危害部位的不同与幼虫上颚发达程度紧密相连。研究发现,上颚发达程度与其取食寄主植物的适应有着高度一致性,即取食木质部的幼虫上颚较危害韧皮部的幼虫上颚发达,危害阔叶树的幼虫上颚发达程度强于危害针叶树的幼虫。上颚圆凿型的天牛幼虫,外露上颚部分占头部面积比例值越小,上颚越发达;而上颚楔型的幼虫,外露上颚部分占头部面积比例值越大,上颚越发达。

不排粪类天牛蛀道内堆满粪便和木屑,其气门相对面积普遍低于排粪类天牛幼虫。因而气门相对面积可以在一定程度上反应幼虫的呼吸能力。但昆虫的呼吸是一个复杂的过程,呼吸能力强弱还与连接气门的气管和幼虫的氧气利用率有关。建议对老熟幼虫气管系统,呼吸熵进一步研究,以便更深入了解天牛幼虫的呼吸作用。

参考文献 (References)

彩万志, 庞雄飞, 花保祯, 2001. 普通昆虫学. 北京: 中国农业出版社. 390 – 397.

华立中, 1991. 天牛幼虫的外部形态及亚科检索图. 昆虫知识, 28(2): 109 – 112.

黄大庄, 王志刚, 阎浚杰, 1997. 桑天牛幼虫活动的规律. 东北林业大学学报, 25(6): 83 – 86.

蒋书楠, 1989. 中国天牛幼虫. 重庆: 重庆出版社. 1 – 160.

蒋书楠, 陈力, 1996. 中国两种狭胸天牛幼虫的描述. 昆虫分类学报, 18(2): 113 – 119.

刘康成, 1997. 桑天牛幼虫空间分布型及抽样技术. 昆虫知识, 34(2): 80 – 81.

刘玉卿, 赵化奇, 2009. 锈色粒肩天牛幼虫蛀食规律及蛀道系统初步研究. 植物保护, 35(6): 119 – 122.

宋月芹, 张华, 李涛, 关侠, 2009. 烟青虫老熟幼虫气门特征观察. 安徽农业科学, 37(24): 11610 – 11611.

王玲, 刘彬, 王贺, 李泽民, 赵静, 2008. 肥须亚麻蝇幼虫不同发育阶段气门形态学变化. 昆虫学报, 51(7): 707 – 713.

杨建霞, 2008. 松墨天牛对寄主植物的适应性与松材线虫危害特性的研究. 硕士论文. 南京: 南京农业大学.

殷幼平, 1987. 天牛科消化道的比较解剖特征在分类学上的意义. 昆虫分类学报, 4(4): 313 – 320.

郑元捷, 2007. 杨树粒肩天牛生物学、生态学特性及防治试验. 硕士学位论文. 福建: 福建农林大学.

郑元捷, 陈顺立, 余培旺, 2006. 杨树粒肩天牛幼虫的空间格局. 华东昆虫学报, 15(3): 206 – 210.