



蒋琦, 任利利, 骆有庆. 双条杉天牛幼虫龄数的划分 (鞘翅目: 天牛科) [J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (1): 25–30.

双条杉天牛幼虫龄数的划分 (鞘翅目: 天牛科)

蒋琦, 任利利, 骆有庆*

(北京林业大学林木有害生物防治北京市重点实验室, 北京 100083)

摘要: 双条杉天牛 *Semanotus bifasciatus* Motschulsky 是危害我国侧柏 *Platycladus orientalis* 和圆柏 *Sabina chinensis* 的重要钻蛀性害虫, 其幼虫龄数及最佳分龄指标的确定是进一步研究其生物学特性、发生规律的基础。本研究通过室内木段饲养法获取不同发育阶段的双条杉天牛幼虫, 分别测量幼虫的前胸背板宽、头壳宽和上颚宽 3 项形态指标。采用频次分析法确定幼虫龄数, 运用 Crosby 生长法则和线性回归进行验证分析。结果表明: 双条杉天牛幼虫有 5 龄, 其前胸背板宽符合 Dyar 氏法则和 Crosby 生长法则并呈现明显的线性回归关系, 可作为幼虫龄数划分的重要指标。1~5 龄幼虫前胸背板宽分别为 0.574 ± 0.012 mm、 1.162 ± 0.013 mm、 1.738 ± 0.027 mm、 2.760 ± 0.011 mm 和 3.492 ± 0.015 mm。前胸背板宽 (Y_1) 和幼虫龄数 (X) 的最佳线性回归方程为 $\lg Y_1 = 0.185X - 0.340$ ($r = 0.9647$)。本研究明确了双条杉天牛幼虫龄数及最佳分龄指标, 为深入研究该虫各生长发育阶段的生物生态学特性提供了参考。

关键词: 双条杉天牛; 幼虫龄数; 前胸背板; 头壳宽; 上颚宽

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2021) 01-0025-06

Determination of larval instar number *Semanotus bifasciatus* (Coleoptera: Cerambycidae)

JIANG Qi, REN Li-Li, LUO You-Qing* (Beijing Key Laboratory for Forest Pest Control, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: *Semanotus bifasciatus* Motschulsky is an important wood boring pest of *Platycladus orientalis* and *Sabina chinensis* in China. The determination of its larval instar number and the best variables separating instars are the basis of further study on biology and damage patterns. In this study, larval samples of different instars were obtained by dissecting damage wood at different time in a year. Then we measured three variables including prothoracic plate width, head capsule width and mandible width. Analysis of frequency distribution was used to determine the larval instar number. Crosby rules and linear regression were taken to check the analysis. Results were as follows: The larvae of *S. bifasciatus* had five instars. The prothoracic plate width fitted the Dyar and Crosby rules, with obvious linear relationship. It could be regard as the important variable for separating larval instar number. The average width of prothoracic plate width of the 1st instar larvae was 0.574 ± 0.012 mm, the 2nd instar 1.162 ± 0.013 mm, the 3rd instar 1.738 ± 0.027 mm, the 4th instar 2.760 ± 0.011 mm and the 5th instar 3.492 ± 0.015 mm. The best linear regression equation of the prothoracic plate width (Y_1) against the instar numbers (X) was: $\lg Y_1 =$

基金项目: 北京市科技计划 (Z191100008519004); 国家重点研发计划 (2018YFD0600200)

作者简介: 蒋琦, 女, 1993 年生, 浙江衢州人, 博士研究生, 研究方向为森林昆虫, E-mail: qiaoba78@126.com

* 通讯作者 Author for corresponding: 骆有庆, 博士, 教授, 研究方向为林木蛀干害虫控制, E-mail: youqingluo@126.com

收稿日期 Received: 2019-12-02; 接受日期 Accepted: 2020-04-17

0.185X - 0.340 ($r = 0.9647$)。This study determined the larval instar number of *S. bifasciatus* and revealed the best variables for instar separation. These findings would provide a reference for the further study of the biological and ecological characteristics of this pest at each development stage.

Key words: *Semanotus bifasciatus*; larval instar number; prothoracic plate width; head capsule width; mandible width

双条杉天牛 *Semanotus bifasciatus* Motschulsky 属鞘翅目 Coleoptera 天牛科 Cerambycidae 天牛亚科 Cerambycinae 扁天牛族 Callidiini, 属东洋、古北区系共有种, 主要危害圆柏 *Sabina chinensis*、侧柏 *Platycladus orientalis*、桧柏 *Juniperus communis* 等柏类树种 (陈世镶等, 1959; 王婷, 2005; 高苏岚等, 2007)。该虫主要以幼虫在树木韧皮部和木质部取食危害, 造成树势衰弱甚至死亡, 严重威胁着城市生态环境建设和古柏类树种的保护, 1996 年曾被列为我国森林植物检疫对象。双条杉天牛在我国北京、辽宁、内蒙古、甘肃、河北、河南、山东、山西、陕西、江苏、上海、湖北、四川、江西、浙江等地均有分布。

双条杉天牛分布较广, 生活隐蔽, 防治难度大, 是园林绿化中柏类树种的毁灭性蛀干害虫。国内外对其生物学特性、发生规律及防治措施等相关研究都较详细。刘远 (2002) 连续两年研究了双条杉天牛的产卵量和卵期的发育起点温度、有效积温。王婷 (2005) 初步研究了双条杉天牛的生物学特性, 并测定了侧柏挥发物对该虫的引诱能力。高苏岚 (2008) 观察分析了双条杉天牛的各虫态历期、成虫生活习性及其发生规律。Iwata (2007) 等在双条杉天牛和红翅小扁天牛 *Callidiellum rufipenne* Motschulsky 的成虫期和幼虫期, 研究了两种天牛共存时造成相互隔离的因素; Wickham (2016) 对包括双条杉天牛在内的几种天牛科害虫的聚集信息素进行分析, 研究它们可能共有的组分。

但是, 以往研究均未涉及幼虫龄数的划分。观察昆虫幼虫的龄数和龄期是研究幼虫生长发育的重要内容 (彩万志等, 2011), 且幼虫龄数的确定是进一步研究生物生态学习性、发生规律及制定防治技术的基础。由于双条杉天牛幼虫隐蔽生活, 无法直接观察来确定幼虫龄数, 本试验通过木段饲养和统计测量的方法对不同发育阶段的双条杉天牛幼虫进行研究, 以确定幼虫龄数及最佳分龄指标。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

2018 年 3 月初, 在北京市大东流林场取 39 段直径 10 ~ 12 cm, 长 30 cm 的无虫害侧柏木段, 每段木段分别置于单独笼内。在双条杉天牛越冬成虫咬破树皮出孔活动时, 收集大量成虫, 按雌雄成虫 1:1 的数量放入各个有侧柏木段的笼内 (由尼龙网制成的长 25 cm、宽 25 cm、高 50 cm 的长方体网笼)。待成虫交配产卵后, 在树皮缝中取出部分卵。将卵置于双层滤纸 (底层滤纸沾水用于保湿) 的培养皿中, 室温下遮光培养, 待其孵化后, 收集初孵幼虫 (30 头)。自双条杉天牛幼虫孵化起, 每周从 1 段木段中至少剥出幼虫 30 头, 每头幼虫单独放于指形管中, 将同一日期的幼虫收集于一个密封袋内, 贴上标签注明采集日期存放在 -80℃ 冰箱内。采样至幼虫化蛹阶段 (8 月中旬) 为止。

1.2 试验方法

选取双条杉天牛幼虫身体骨化程度较高的部位作为分龄形态指标: 前胸背板宽 (Y_1 : 前胸背板后缘最宽距离)、头壳宽 (Y_2 : 测量头部骨化区最宽距离) 和上颚宽 (Y_3 : 背面观的右上颚宽度) (如图 1) (张海滨, 2011; 王小艺等, 2012; 潘龙, 2015; 张燕如, 2018)。为避免因幼虫活动造成测量上的误差, 所以幼虫在测量前会存放在 -80℃ 冰箱中。各项指标均用变焦体视显微镜 (ZEISS, Axio Zoom. V16, Germany) 进行拍照、测量。

1.3 数据处理与分析

根据 Dyar 法则划分幼虫虫龄。首先利用 GraphPad Prism 7.00 (GraphPad software, America) 软件对测定的各项指标分别进行频数分析, 并绘制每项指标相应的频次分布图, 确定幼虫龄数。龄数划分后, 根据测定值, 利用 IBM SPSS Statistics 24 (IBM, America) 计算各龄幼虫上述 3 项指标的平均值、标准误差、变化幅度及变异系数。Crosby 指数用于验证划分龄数是否合理, 当

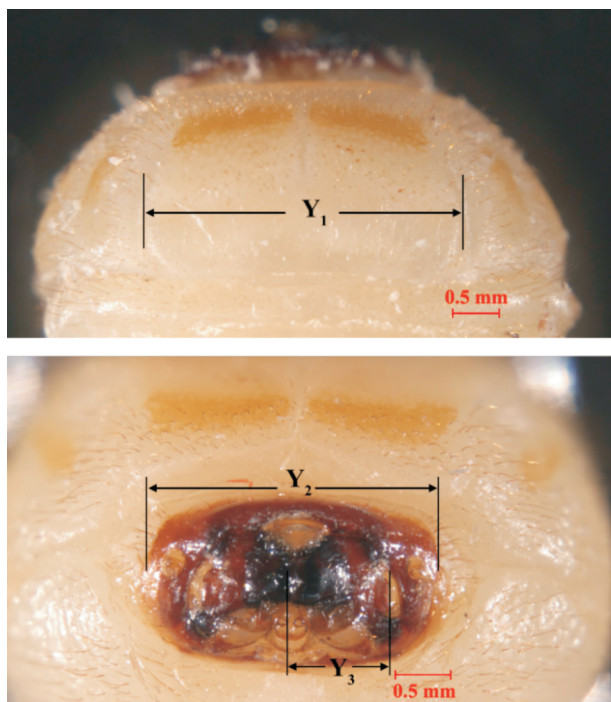


图 1 双条杉天牛幼虫分龄的 3 个测量指标

Fig. 1 3 variables measured for separating instars of larval

Semanotus bifasciatus

注: Y_1 , 前胸背板宽; Y_2 , 头壳宽; Y_3 , 上颚宽。

Note: Y_1 , Prothoracic plate width; Y_2 , Head capsule width; Y_3 , Mandible width.

Crosby 指数小于 10% 时, 表明龄数划分合理。

Crosby 指数和 Brooks 指数按照如下公式计算:

Brooks 指数 = X_n/X_{n-1} (X_n 和 X_{n-1} 分别表示 n 龄和 $n-1$ 龄幼虫各个测量指标的平均值)。

Crosby 指数 = $(b_n - b_{n-1})/b_{n-1}$ (b_n 和 b_{n-1} 分别表示第 n 个和 $n-1$ 个 Brooks 指数)

最后, 利用统计分析软件 R 语言将幼虫各形态指标测量值取对数并与相应龄数进行线性拟合, 计算回归方程及相关系数 (r) 以进一步验证分龄的合理性, 确定最佳分龄指标。

2 结果与分析

2.1 双条杉天牛幼虫龄数的确定

从 2018 年 4 月 12 日至 2018 年 8 月 22 日, 共对 785 头双条杉天牛幼虫进行 3 项指标的测量, 对测量值作频次分布图。由频次分布图可看出, 前胸背板宽、头壳宽和上颚宽均有 5 个分布区, 前胸背板宽的 5 个峰值分别在 0.55、1.15、1.75、2.95 和 3.25 mm (图 2 - A); 头壳宽的 5 个峰值分别在 0.35、0.95、1.30、2.15 和 2.60 mm

(图 2 - B); 上颚宽的 5 个峰值分别在 0.27、0.63、0.9、1.44 和 1.62 mm (图 2 - C)。根据 Dyar 氏法则可以判断, 双条杉天牛幼虫分为 5 龄。

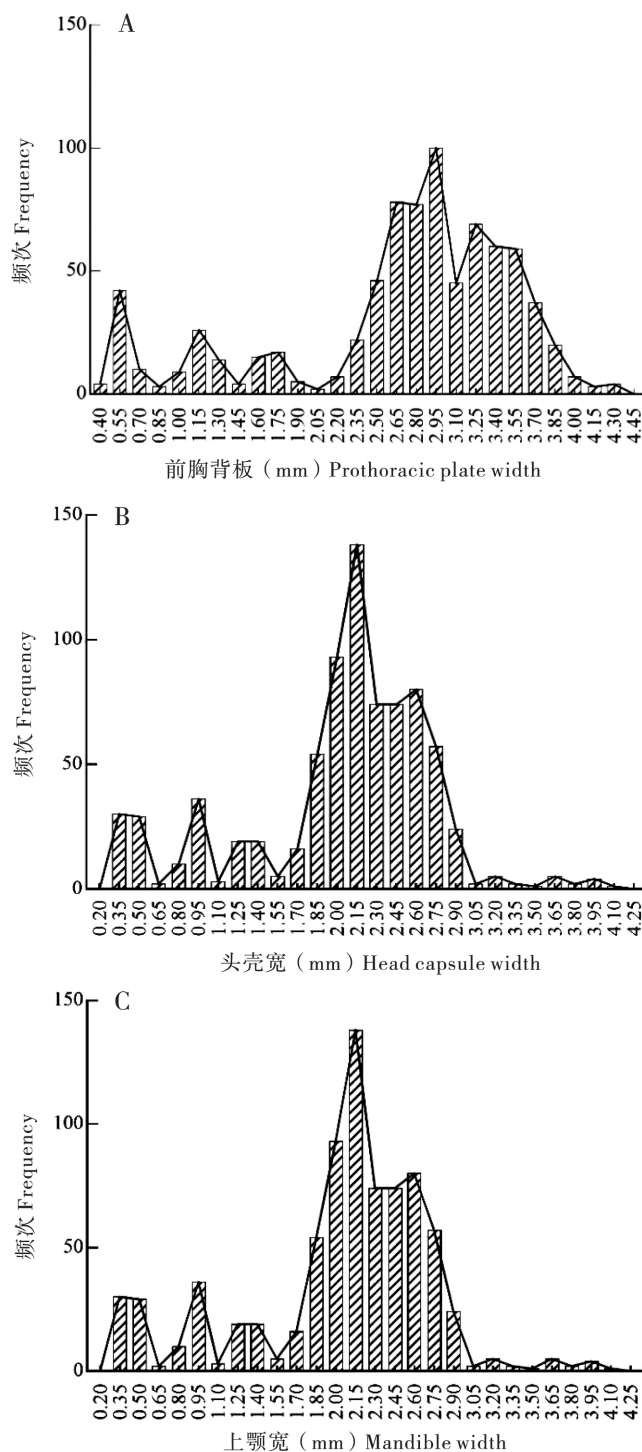


图 2 双条杉天牛幼虫前胸背板宽 (A)、头壳宽 (B)、上颚宽 (C) 频次分布图

Fig. 2 Frequency distribution of the prothoracic plate width (A), head capsule width (B) and mandible width (C) in *Semanotus bifasciatus* larvae

各龄幼虫前胸背板宽、头壳宽和上颚宽 3 项指标的平均值、变化幅度、变异系数及 Brooks 指数和 Crosby 指数见表 1。3 项指标在不同龄数之间

的平均值具有显著差异, 分龄指标的变异系数均小于 20%, Crosby 指数均小于 10%, 表明将双条杉天牛幼虫划分为 5 个龄是合理的。

表 1 双条杉天牛幼虫分龄 3 项指标测量结果

Table 1 Results of examination of the three variables separating instars of *Semanotus bifasciatus* larvae

形态结构 Morphological feature	龄数 Instar	样本数 Samples	变幅 (mm) Range	平均值 (mm) Mean $\pm$ SE	变异系数 (%) CV	Brooks 指数 Brooks' ratio
前胸背板 Prothoracic plate width	1	59	0.417 ~ 0.867	0.574 $\pm$ 0.012 e	15.8	—
	2	49	0.867 ~ 1.467	1.162 $\pm$ 0.013 d	7.7	2.02
	3	47	1.467 ~ 2.217	1.738 $\pm$ 0.027 c	10.5	1.50
	4	358	2.217 ~ 3.117	2.760 $\pm$ 0.011 b	7.6	1.59
	5	273	3.117 ~ 4.467	3.492 $\pm$ 0.015 a	6.9	1.27
头壳宽 Head capsule width	1	61	0.275 ~ 0.725	0.442 $\pm$ 0.009 e	15.7	—
	2	49	0.725 ~ 1.175	0.916 $\pm$ 0.011 d	9.0	2.07
	3	43	1.175 ~ 1.625	1.346 $\pm$ 0.016 c	7.9	1.47
	4	375	1.625 ~ 2.375	2.080 $\pm$ 0.008 b	7.7	1.55
	5	257	2.375 ~ 4.105	2.689 $\pm$ 0.019 a	11.5	1.29
上颚宽 Mandible width	1	60	0.177 ~ 0.447	0.269 $\pm$ 0.006 e	17.1	—
	2	47	0.447 ~ 0.717	0.594 $\pm$ 0.007 d	8.3	2.21
	3	45	0.717 ~ 1.077	0.886 $\pm$ 0.013 c	9.7	1.49
	4	376	1.077 ~ 1.527	1.349 $\pm$ 0.005 b	7.5	1.52
	5	257	1.527 ~ 2.619	1.735 $\pm$ 0.012 a	11.3	1.29

注: 表中同一指标均值后标有不同字母表示经 LSD 多重比较差异显著 ($\alpha = 0.05$)。Note: Different letters following mean values within variables showed significant differences between instars based on Fisher LSD test at 5% level.

2.2 双条杉天牛幼虫各龄测量指标与龄数之间的拟合关系

对前胸背板宽、头壳宽和上颚宽 3 个分龄指标测定值的对数值与相应龄数进行线性回归分析, 结果显示, 3 项指标 (Y) 与龄数 (X) 之间均符

合 Dyar 氏法则所描述的指数关系 (表 2)。经统计检验, 回归曲线均达到了极显著水平 ($P < 0.0001$) (表 2), 进一步验证了双条杉天牛幼虫划分为 5 龄的合理性。其中, 前胸背板宽的相关系数最高, 拟合效果最好, 可作最佳分龄指标。

表 2 双条杉天牛幼虫各分龄指标与龄数之间的关系拟合结果

Table 2 Regression analysis of the number of larval instars and measured variables of *Semanotus bifasciatus* larvae

分龄指标 Variables	回归方程 Regression equation	相关系数 r Correlation coefficient	显著性 Significance
前胸背板 (Y_1) Prothoracic plate width (Y_1)	$Y_1 = 0.4571e^{0.4259x}$	0.9647	df = 1, 4, $F = 3438.80$, $P < 0.0001$
头壳宽 (Y_2) Head capsule width (Y_2)	$Y_2 = 0.3512e^{0.4248x}$	0.9632	df = 1, 4, $F = 1929.80$, $P < 0.0001$
上颚宽 (Y_3) Mandible width (Y_3)	$Y_3 = 0.2181e^{0.4343x}$	0.9587	df = 1, 4, $F = 1977.43$, $P < 0.0001$

3 结论与讨论

Dyar (1890) 指出, 昆虫的骨化部位随周期性蜕皮而呈现跳跃式增长。幼虫每次蜕皮时, 其骨化部位在尚未硬化前经历一个快速生长的过程, 随后在同一龄数内生长趋于缓慢, 直至下次蜕皮前几乎停止生长。因此, 在以往天牛类幼虫的龄数划分的研究中, 常将头壳、口器、前胸背板等稳定且骨化程度较高的部分作为最佳分龄形态指标 (陈永年等, 1988; 王小艺, 2005)。

张海濱等 (2011) 通过人工饲养方法收集星天牛 *Anoplophora chinensis* Forster 幼虫, 并测量该幼虫的 9 个形态指标, 结果表明额宽是最佳分龄指标, 其次是上颚长和上颚宽。王小艺等 (2012) 在栗山天牛 *Massicus raddei* Blessig 幼虫龄数划分的研究中, 选择上颚长、主单眼间距、前胸背板宽、中胸气门长和体长 5 项形态指标, 结果发现上颚长、主单眼间距和前胸背板宽均可用于分龄。潘龙 (2015) 测定了青杨脊虎天牛 *Xylotrechus rusticus* 幼虫 6 项骨化程度较高的形态指标, 结果表明前胸背板宽可作为最佳分龄指标。张燕如等人 (2018) 在对柠条绿虎天牛 *Chlorophorus caragana* Xie & Wang 幼虫龄数划分时发现触角孔间距和前胸背板可作为龄数划分的重要指标, 体长不宜用于分龄。本研究选择双条杉天牛幼虫的前胸背板宽 (Y_1)、头壳宽 (Y_2) 和上颚宽 (Y_3) 3 个骨化程度较高部位作为分龄形态指标具备理论依据。同时, 根据 Crosby 生长法则和线性回归进行验证分析后也发现上述 3 个测量指标均是较理想的分龄指标。

自然情况下, 影响昆虫幼虫的龄数、龄期和生长率因素有很多 (Hutchinson *et al.*, 1997), 如温度、光照、幼虫密度、寄主植物、物理损伤等。不同研究者测定同种昆虫幼虫的龄数, 其结果可能存在差异。造成差异的主要原因在于实验条件不同。贺萍等 (1992) 测定光肩星天牛 *Anoplophora glabripennis* Motschulsky 幼虫有 5 龄, 而李孟楼 (1989) 和 Keena (2010) 将光肩星天牛幼虫均划分为 9 龄。Sáenz-de-Cabezón 等 (2006) 发现温度对葡萄花翅小卷蛾 *Lobesia botrana* Denis and Schiffermüller 幼虫的头宽值具有显著影响, 头宽值与温度呈负相关, 但未影响其龄数和生长率。Calvo 和 Molina (2008) 发现一种枯叶蛾 *Streblote*

panda Hübner 幼虫的龄数与其取食寄主植物种类有关, 寄主不同龄数亦不同。在本研究中, 双条杉天牛幼虫被划分为 5 龄, 但曾有研究报道在安徽省该幼虫有 6 龄 (高苏岚, 2007), 但其研究方法和分龄指标未详细说明。试验中发现木段饲养得到的双条杉天牛幼虫个体与野外受害木内的幼虫相比较小, 除了生存环境有差异外, 这也可能是前期人为在各木段上接种的成虫数量较多, 从而导致后期幼虫在生存空间和食物资源上存在竞争。尽管如此, 在野外采集供试虫源时, 由于受到寄主和环境等复杂外界因素的影响, 幼虫的差异性大, 不利于数据统计分析。相比之下, 本研究采用木段饲养法得到的幼虫在形体方面具有高度的一致性, 数据分析结果更为可靠。

对蛀柱性害虫而言, 准确区分幼虫虫龄是掌握其生物学特性、发生规律和种群动态的基础, 也是进一步研究幼虫发育历期、预测预报成虫发生时间进而采取防控措施的重要前提。本研究明确了双条杉天牛幼虫的龄数及最佳分龄形态指标, 为进一步研究该虫的生物生态学特性打下了基础。

参考文献 (References)

- Cai WZ, Pang XF, Hua BZ, *et al.* General Entomology (2nd ed.) [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2011, 229 - 230. [彩万志, 庞雄飞, 花保祯, 等. 普通昆虫学 (第 2 版) [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2011, 229 - 230]
- Calvo D, Molina JM. Head capsule width and instar determination for larvae of *Streblote panda* (Lepidoptera: Lasiocampidae) [J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 2008, 101 (5): 881 - 886.
- Chen SX, Xie YZ, Deng GF. Economic Insect Fauna of China, Fasc. 1 [M]. Beijing: Science Press, 1953: 43. [陈世骧, 谢蕴贞, 邓国藩. 中国经济昆虫志 (第一册) [M]. 北京: 科学出版社, 1953: 43]
- Chen YN, Pan T. Study on the increasing law of head width and feeding quantity of insect larvae [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 1988, 4: 45 - 50. [陈永年, 潘桐. 也谈昆虫幼虫头宽及摄食量的增长规律 [J]. 应用昆虫学报, 1988, 4: 45 - 50]
- Dyar HG. The number of molts of lepidopterous larvae [J]. *Psyche*, 1980, 5 (175/176): 420 - 422.
- Gao SL, Xu ZC, Gong XC, *et al.* Biological characters of *Semanotus bifasciatus* [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2008, 45 (1): 74 - 77. [高苏岚, 许志春, 弓献词, 等. 双条杉天牛的生物学特性 [J]. 应用昆虫学报, 2008, 45 (1): 74 - 77]
- He P, Huang JF. Laboratory rearing of *Anoplophora glabripennis* [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 1992, 14 (2): 61 - 67. [贺萍, 黄竞芳. 光肩星天牛的人工饲养 [J]. 北京林业大学学报

- 报, 1992, 14 (2): 61–67]
- Hutchinson JMC, McNamara JM, Houston AI, et al. Dyar's rule and the investment principle: Optimal moulting strategies if feeding rate is size – dependent and growth is discontinuous [J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 1997, 352 (1349): 113–138.
- Iwata R, Maro T, Yonezawa Y, et al. Adult activity and response to wood moisture content as major segregating factors in the coexistence of two conifer longhorn beetles, *Callidiellum rufipenne* and *Semanotus bifasciatus* [J]. *European Journal of Entomology*, 2007, 104: 341–345.
- Keena MA, Moore PM. Effects of temperature on *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) larvae and pupae [J]. *Environmental Entomology*, 2010, 39 (4): 1323–1335.
- Li ML, Yuan W, Zhou JX, et al. A preliminary study on population age distribution of larvae *Anoplophora nobilis* [J]. *Journal of Northwestern College of Forestry*, 1989, 4 (2): 89–92. [李孟楼, 袁伟, 周嘉熹, 等. 黄斑星天牛幼虫年龄结构的初步研究 [J]. 西北林学院学报, 1989, 4 (2): 89–92]
- Liu Y. Forecast of oviposition amount and stage of *Semanotus bifasciatus* (Motschulsky) [J]. *Forest Pest and Disease*, 2002, 21 (4): 21–23. [刘远. 双条杉天牛产卵量与卵期预测预报的研究 [J]. 中国森林病虫, 2002, 21 (4): 21–23]
- Pan L, Li YW, Luo YQ. Determining larval instars in grey tiger longicorn beetle, *Xylotrechus rusticus* (L.) (Coleoptera: Cerambycidae) [J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 2015, 43 (1): 110–113. [潘龙, 李珏闻, 骆有庆. 青杨脊虎天牛幼虫龄期的划分 [J]. 东北林业大学学报, 2015, 43 (1): 110–113]
- Ren J. Study on the Indoor Artificial Breeding, the Larvae Instar Determination and the Ovipositing Characters of *Monochamus alternatus* [D]. Shandong: Shandong Agricultural University Master Thesis, 2014. [任骥. 松褐天牛室内饲养、幼虫龄期及成虫产卵特性的研究 [D]. 山东: 山东农业大学硕士论文, 2014]
- Sáenz-de-Cabezón Irigaray FJ, Moreno F, Pérez-Moreno I, et al. Larval growth and the effect of temperature on head capsule size in *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) [J]. *Environmental Entomology*, 2016, 35 (2): 189–193.
- Wang T. Studies on Biological Characters of *Semanotus bifasciatus* and Attractive Activity of Extracts from *Platycladus orientalis* [D]. Shandong: Shandong Agricultural University Master Thesis, 2005. [王婷. 双条杉天牛生物学特性及侧柏提取物对其引诱活性的研究 [D]. 山东: 山东农业大学硕士论文, 2005]
- Wang XY, Yang ZQ, Tang YL, et al. Parasitism of *Sclerodermus pupariae* (Hymenoptera: Bethyridae) on the young larvae of *Massicus raddei* (Coleoptera: Cerambycidae) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2010, 53 (6): 675–682. [王小艺, 杨忠岐, 唐艳龙, 等. 白蜡吉丁肿腿蜂对栗山天牛低龄幼虫的寄生作用 [J]. 昆虫学报, 2010, 53 (6): 675–682]
- Wang XY, Yang ZQ, Tang YL, et al. Determination of larval instar number and duration in the oak longhorn beetle, *Massicus raddei* (Coleoptera: Cerambycidae) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2012, 55 (5): 575–584. [王小艺, 杨忠岐, 唐艳龙, 等. 栗山天牛幼虫龄数和龄期的测定 [J]. 昆虫学报, 2012, 55 (5): 575–584]
- Wickham JD, Lu W, Zhang LW, et al. Likely aggregation – sex pheromones of the invasive beetle *Callidiellum villosulum*, and the related Asian species *Allotraeus asiaticus*, *Semanotus bifasciatus*, and *Xylotrechus buqueti* (Coleoptera: Cerambycidae) [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2016, 109 (5): 2243.
- Zhang HB, Wang JW, Zhu XF, et al. Determination of larval instars of citrus long – horned beetle, *Anoplophora chinensis* (Coleoptera: Cerambycidae) [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2011, 48 (3): 688–694. [张海滨, 王建伟, 朱小峰, 等. 星天牛幼虫龄期的划分 [J]. 应用昆虫学报, 2011, 48 (3): 688–694]
- Zhang YR, Li JW, Zhao TT, et al. Determination of larval instars of *Chlorophorus caragana* Xie & Wang (Coleoptera: Cerambycidae) [J]. *Plant Protection*, 2018, 44 (4): 87–91. [张燕如, 李珏闻, 赵婷婷, 等. 柠条绿虎天牛幼虫龄期的划分 [J]. 植物保护, 2018, 44 (4): 87–91.]