



张明明, 高传部, 夏敏, 李军. 蜂巢奇露尾甲幼虫龄期的划分 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (2): 485–490.

蜂巢奇露尾甲幼虫龄期的划分

张明明¹, 高传部², 夏敏^{1*}, 李军^{2*}

(1. 南阳师范学院, 河南南阳 473061;

2. 广东省科学院动物研究所, 广东省动物保护与资源利用重点实验室, 广东省野生动物保护与利用公共实验室, 广州 510260)

摘要: 为了明确蜂巢奇露尾甲 *Aethina tumida* Murray 幼虫的龄期和最佳分龄指标, 本研究分别对不同发育阶段幼虫的头壳宽进行测量, 根据各指标的频次分布结果初步确定龄期, 并运用 Crosby 生长法则和线性回归方法进行验证分析。结果表明: 蜂巢奇露尾甲幼虫可分为 4 龄, 1~4 龄头壳宽度平均值分别为 0.1842 mm、0.2942 mm、0.4613 mm、0.7280 mm; 此外, 本文还对蜂巢奇露尾甲幼虫的形态特征进行描述。本文为研究蜂巢奇露尾甲的发生规律、生物学特性及制定防治措施等提供参考。

关键词: 蜂巢奇露尾甲; 幼虫龄期; 头壳宽; 形态特征

中图分类号: Q964; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2022) 02-0485-06

Determination of larval instars of *Aethina tumida* Murray (Coleoptera: Nitidulidae)

ZHANG Ming-Ming¹, GAO Chuan-Bu², XIA Min^{1*}, LI Jun^{2*} (1. Nanyang Normal University, Nanyang 473061, Henan Province, China; 2. Guangdong Key Laboratory of Animal Conservation and Resource Utilization, Guangdong Public Laboratory of Wild Animal Conservation and Utilization, Institute of Zoology, Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou 510260, China)

Abstract: In order to clarify the instar stage and the best index of the *Aethina tumida* larvae, this study measured the head shell width of larvae at different developmental stages. Thus, the age was initially determined according to the frequency distribution results of each index, and the Crosby growth law and linear regression method were used for verification and analysis. The results showed that the larvae of *A. tumida* could be divided into 4 instars, and the average head shell widths of the first to fourth instar were 0.1842 mm, 0.2942 mm, 0.4613 mm, and 0.7280 mm. In addition, the morphological characteristics of the larvae were described. This article provided theoretical basis for studying the occurrence law, biological characteristics of the larvae and the development of control measures.

Key words: *Aethina tumida* Murray; larval instars; head capsule width; morphological characteristics

蜂巢奇露尾甲 *Aethina tumida* Murray 属鞘翅目 Coleoptera 露尾甲科 Nitidulidae, 原分布于撒哈拉沙漠以南的非洲地区, 是西方蜜蜂 *Apis mellifera* L.

的巢内害虫 (Lundie, 1940; Neumann & Elzen, 2004)。该虫刚传入我国时, 依据其英文俗名 (Small hive beetles) 国内称其为蜂巢小甲虫或蜂箱

基金项目: 广东省科学院建设国内一流研究机构行动专项资金项目 (2020GDASYL-20200301003); 广东省农业科研项目和农业技术推广项目 (2021KJ260)

作者简介: 张明明, 女, 在读硕士研究生, 主要从事入侵生物学研究, E-mail: 2464956896@qq.com

* 共同通讯作者 Author for correspondence: 夏敏, 男, 学士, 教授, 主要从事生物质能源研究, E-mail: xiamin@nynu.edu.cn; 李军, 男, 博士, 研究员, 主要从事入侵生物学研究, E-mail: junl@giabr.gd.cn

收稿日期 Received: 2022-01-26; 接受日期 Accepted: 2022-02-14

小甲虫,后经与中国露尾甲研究专家商议,根据我国昆虫中文名确定的基本原则,将此虫中文名定为蜂巢奇露尾甲(张明明等,2021)。蜂巢奇露尾甲目前已经入侵到美洲、大洋洲、欧洲和亚洲(Cuthbertson *et al.*, 2013; Neumann *et al.*, 2016; Cervancia *et al.*, 2016),成为全球范围内的入侵害虫之一。近年来,蜂巢奇露尾甲在中国的发生和危害有加剧的趋势,2017年10月在广东省汕尾市新田镇的蜂场内首次发现疑似蜂巢奇露尾甲为害,并在广东省陆河县的蜂场内采集到了其幼虫和成虫;2018年6月在广州市的意蜂试验蜂场发现蜂巢奇露尾甲,且为害相对较重(赵红霞等,2018; 2019)。随后在广西省、云南省、海南省昌江县昌化镇和白沙县细水乡均发现蜂巢奇露尾甲为害(金涛等,2020)。张体银等(2017)研究发现蜂巢奇露尾甲的传入释放风险、暴露扩散风险、潜在影响和风险等级均为高,有可能成为我国养蜂业的毁灭性虫害。钟义海等(2020)利用有害生物风险评估方法(PRA)对蜂巢奇露尾甲的入侵风险进行了定性及半定量评估,其在中国的综合风险值(R)为2.09,是对我国养蜂业具有高度危险性的有害生物。

国外学者认为蜂巢奇露尾甲有4个可识别的幼虫龄期(Haque & Levot, 2005; Kanga & Somorin, 2012; Scott *et al.*, 2020),但并未对幼虫龄期的划分展开详细的研究。而幼虫龄期的划分是进一步开展害虫生物学、生态学研究以及制定防治策略和预测预报害虫发生规律的基础(魏书军等,2006; 董易之等,2011; 张锦坤等,2021)。此外,昆虫幼虫身体生长具有一定的规律性,绝大多数昆虫体长增长是连续性的,而头壳及其他表皮结构的生长是间断式的,身体骨化程度较高的部分伴随周期性蜕皮而呈跳跃式增长(陈永年等,1988; 王小艺等,2005),因此本研究选择头壳宽这一形态指标作为划分幼虫龄期的依据。通过测量头壳宽对蜂巢奇露尾甲幼虫进行龄期划分,并对幼虫的形态特征进行了描述,旨在为进一步了解蜂巢奇露尾甲幼虫的发育情况,准确的预测其发生时间并采取有效的防治措施奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试虫源及饲养方法

试验所用虫源采集自广东省陆河县蜂场(23°28'N, 115°24'E),幼虫和成虫各采集约100头,带回广东省科学院动物研究所实验室,在温度 $27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $60\% \pm 5\%$,光照周期L:D=16 h:8 h的人工气候箱中进行饲养。将幼虫分装在饲料盒中,定期供给新鲜的人工饲料,直至幼虫进入预蛹期,然后挑入养虫土中进行化蛹,再将羽化的成虫放入有新鲜饲料和产卵装置的饲料盒中,孵化后的 F_1 代幼虫用于头壳宽测定。

1.2 蜂巢奇露尾甲幼虫形态特征

使用Leica M205C体视显微镜、Leica MC190 HD摄像头和Leica Application Suite V.9系统观察蜂巢奇露尾甲老熟幼虫头部、胸部及腹部等部位的形态特征。

1.3 幼虫分龄形态指标测量

选取蜂巢奇露尾甲骨化程度较高的头壳宽作为划分龄期的形态指标:头壳宽(与幼虫纵轴中线垂直的头壳最宽处的度量)。观察时间从 F_1 代初孵幼虫当天开始,每天定时随机挑取30头幼虫,用75%酒精杀死,使用OLYMPUS体视显微镜SZ51(20×目镜带刻度)进行观察测量,直至幼虫进入预蛹期。

1.4 数据处理

利用SPSS 26.0对蜂巢奇露尾甲头壳宽测量值进行频数分布分析,并绘制相应的频次分布图,根据Dyar规律(Crosby, 2012)初步划分幼虫的龄期数,并利用Crosby生长法则和回归分析验证龄期划分的合理性。应用Brooks指数、Crosby指数和线性回归的方法验证分龄的合理性,选择最佳分龄指标。

当Crosby指数 < 0.1 时分龄指标分组划分合理,当Crosby指数 > 0.1 时分龄指标分组不合理。Crosby指数计算公式:

Brooks指数 = X_n / X_{n-1} (式中 X_n 和 X_{n-1} 分别表示 n 龄和 $n-1$ 龄幼虫测量值指标的平均值)

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

2 结果与分析

2.1 蜂巢奇露尾甲幼虫的形态特征

老熟幼虫 (图 1) 乳白色, 体长 9 ~ 10 mm, 宽 1.1 ~ 1.5 mm, 寡足型; 口器前口式, 触角 3 节, 唇基两侧具隆突; 胸足 3 对, 中胸具 1 对可见气门 (图 1-a), 前胸背板有浅棕色印痕, 中纵线乳白色; 可见腹节 9 节, 无腹足, 第 1 ~ 8 腹节每节各具 1 对双室气门, 尾节简单, 前后各具 1 对尾突 (图 1-b)。1 ~ 3 龄幼虫在形态结构上与 4 龄幼虫存在差异, 中、后胸及腹节背板中片瘤突: 1 ~ 3 龄幼虫的中片后方着生 3 个刺状瘤突, 前 1 后 2, 第 8 腹节的瘤突大于前 7 腹节, 瘤突无毛 (图 2-A); 4 龄幼虫中、后胸及 1 ~ 8 腹节背面具 1 对棕色亚中片, 中片后方着生 1 对刺和 1 刺状瘤突, 瘤突端部尖锐, 瘤突顶端着生 1 刚毛 (图 2-B)。通过分析头壳宽度值得出, 1 ~ 2 d、3 ~ 4 d、3 ~ 6 d、5 ~ 16 d 的幼虫可分别划分为同一龄期, 共 4 个龄期, 相邻龄期有交叉现象。1 ~ 2 d 为 1 龄期幼虫; 第 3 天为 2 龄幼虫; 3 龄、4 龄幼虫龄期交叉明显; 第 6 天后皆为 4 龄幼虫。



图 1 蜂巢奇露尾甲 4 龄幼虫背侧

Fig. 1 Dorsal offourth instar larvae of *Aethina tumida*

注: a, 4 龄幼虫的中胸气门; b, 4 龄幼虫的 2 对尾突。

Note: a, Meso-metathorax spiracle of fourth instar larvae;

b, Two pairs of urogomphi of fourth instar larvae.

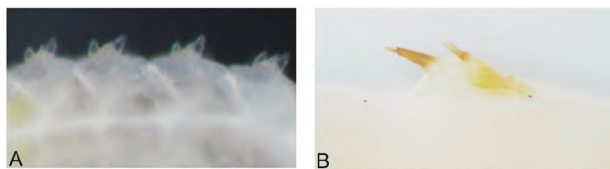


图 2 蜂巢奇露尾甲幼虫背侧瘤突

Fig. 2 Dorsal nodular protrusions of *Aethina tumida* larvae

注: A, 1 ~ 3 龄幼虫背侧瘤突; B, 4 龄幼虫背侧瘤突。

Note: A, Dorsal nodular protrusions of first to third instar larvae; B, Dorsal nodular protrusions of fourth instar larvae.

2.2 蜂巢奇露尾甲幼虫龄数的初步划分

本研究通过对饲养条件下的蜂巢奇露尾甲幼虫的头壳宽度 (图 3) 进行测量, 获得了 480 个幼虫头壳宽度值, 将头壳宽测量值由小到大排序, 通过 SPSS 26.0 处理分析得到频数分布表, 并绘制频次分布图 (图 4), 并对幼虫的头壳宽和龄期数进行相关性分析 (图 5)。蜂巢奇露尾甲幼虫头壳宽值相对集中在 4 个区域, 峰值分别为 0.182 mm、0.286 mm、0.468 mm、0.702 mm (图 4)。因此, 根据 Dyar 法则可以初步判定蜂巢奇露尾甲幼虫龄数为 4 龄。



图 3 蜂巢奇露尾甲幼虫分龄的测量指标

Fig. 3 Measurement index of *Aethina tumida* larvae instars

注: Y, 蜂巢奇露尾甲幼虫的头壳宽度。Note: Y, Head capsule width of *Aethina tumida* larvae.

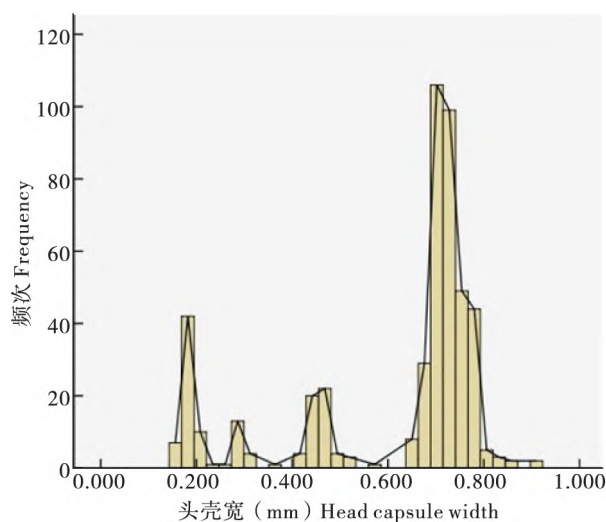


图 4 蜂巢奇露尾甲幼虫头壳宽测量值频次分布图

Fig. 4 Frequency distribution of the measured value of the head capsule width of *Aethina tumida* larvae

2.3 蜂巢奇露尾甲幼虫 Crosby 指数分析

按照频数分布表和频次分布图, 对蜂巢奇露尾甲幼虫各龄期区域内的测量值进行样本数、变

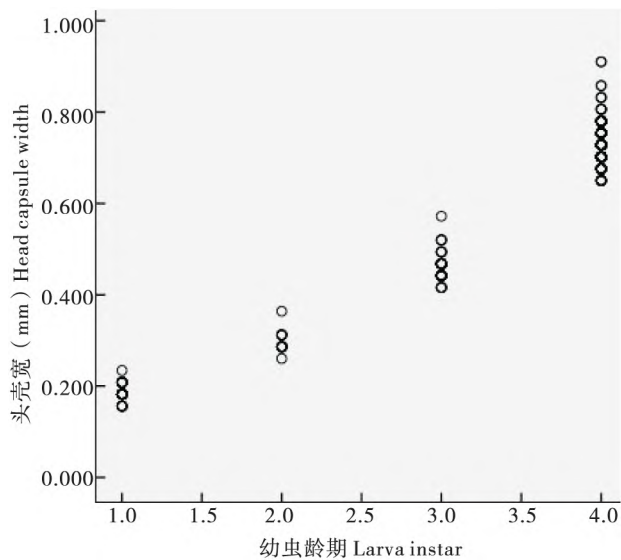


图5 蜂巢奇露尾甲幼虫的头壳宽与龄期的相关性分析
Fig. 5 Correlation analysis of the head capsule width with *Aethina tumida* instars

幅、均值、变异系数、Brooks 指数及 Crosby 指数统计计算 (表 1)。Crosby 生长法则认为, Crosby 指数大于 10% 表明分龄指标的分组不合理 (Craig, 1975; Loerch and Cameron, 1983)。蜂巢奇露尾甲各龄期头壳宽平均值分别为 0.184 mm、0.294 mm、

0.461 mm、0.728 mm (表 1)。不同龄期之间形态指标的平均值具有显著性差异, 且形态指标的 Crosby 指数小于 0.1。说明将蜂巢奇露尾甲幼虫龄期划分为 4 龄是合理的。

2.4 蜂巢奇露尾甲幼虫形态指标与龄期的关系

对蜂巢奇露尾甲幼虫龄期 (x) 与其对应的头壳宽的均值进行线性、多项式 (二次和三次) 及指数回归分析 (表 2)。结果表明, 蜂巢奇露尾甲幼虫分龄指标的线性关系和指数关系与龄期存在极显著的相关关系, 其中分龄指标与龄期之间的指数拟合模型的回归系数最大, 三次线性拟合模型和二次线性拟合模型的回归系数次之, 直线拟合模型的回归系数相比最低。说明根据头壳宽划分蜂巢奇露尾甲幼虫龄期是合理的, 进一步验证了频次分布和 Crosby 指数分析的结果。

3 结论与讨论

Dyar 定律认为相邻龄期的幼虫其骨化部位以一定的几何级数方式增长 (Chapman, 1998; 彩万志等, 2001)。赖开平等 (2008) 通过测量眉斑并脊天牛 *Glenea cantor* Fabricius 幼虫头壳宽, 推断

表 1 蜂巢奇露尾甲形态指标测量值及统计分析结果
Table 1 Measurements and statistics of instar division of *Aethina tumida* larvae

指标 Variable	龄期 Instar	样本数 (头) Sample number	变幅 Range	均值 ± SE Mean ± SE	变异系数 Variation coefficient	Books 指数 Brooks index	Crosby 指数 Crosby index
头壳宽 Head capsule width	1	60	0.156 ~ 0.259	0.184 ± 0.02 d	0.0826	—	—
	2	19	0.260 ~ 0.364	0.294 ± 0.05 c	0.0705	1.5975	—
	3	54	0.365 ~ 0.572	0.461 ± 0.04 b	0.0615	1.5678	— 0.0186
	4	347	0.573 ~ 0.910	0.728 ± 0.02 a	0.0528	1.5783	0.0067

注: 表中同一栏内平均值数据后不同字母表示经多重比较 (LSD) 在 5% 水平上具有显著差异。Note: Different letters within the same column indicated significant difference between instars based on LSD at 5% leved.

表 2 蜂巢奇露尾甲幼虫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 *Aethina tuminda*

指标 Variable	回归模型 Regression model	回归方程 Regression equation	相关系数 (R ²) Correlation coefficient	统计参数 Significance
头壳宽 Head capsule width	线性 Liner	Y = 0.189 x - 0.036	0.950	P < 0.0001
	二次多项式 Quadratic polynomial	Y = - 0.024 x ² + 0.041 x + 0.169	0.970	
	三次多项式 Cubic polynomial	y = 0.001 x ³ + 0.030x ² + 0.154	0.970	
	指数 Index	y = 0.116 e ^{0.458x}	0.985	

出眉斑并脊天牛幼虫龄期且该结果与实际观察结果一致。张海滨等 (2011) 测量了人工饲养的星天牛 *Anoplophora chinensis* Forster 幼虫的 9 个形态指标, 结果表明额宽、上颚长和上颚宽 3 种骨化程度较高的结构分龄的可靠性优于其他。于永浩等 (2012) 通过对天牛幼虫头口宽和前胸背板宽等形态指标的测量, 发现利用测量头口宽值判定蔗根土天牛 *Dorystenes granulosus* 幼虫的虫龄更科学合理。潘龙等 (2015) 对青杨脊虎天牛 *Xylotrechus rusticus* Linnaeus 幼虫的 6 项形态指标进行测量, 得出前胸背板宽与虫龄的拟合度最高为最佳分龄指标。张祖兵等 (2020) 认为头壳宽度是判定赤斑白条天牛 *Batocera rufomaculata* (Degeer, 1775) 幼虫龄期的最佳形态指标。由于幼虫的头壳骨化程度较高而且形态较为稳定, 故常常将昆虫幼虫头壳宽作为幼虫龄期划分的指标。

在蜂箱中, 蜂巢奇露尾甲的低龄幼虫为害状不明显, 不易被发现, 故在野外难以获取大量低龄幼虫, 而室内饲养能克服此缺点并可以保持幼虫生长的一致性 (赖开平等, 2008; 张祖兵等, 2020)。本研究通过室内利用人工饲料饲养蜂巢奇露尾甲, 从而获得充足数量的低龄幼虫, 因为蜂巢奇露尾甲幼虫的头部是骨化程度较高的器官组织, 故通过测量蜂巢奇露尾甲幼虫头壳宽, 并通过频次分布图、Crosby 指数和回归分析结果, 判定蜂巢奇露尾甲幼虫龄期为 4 龄。Haque 和 Levot (2005) 认为蜂巢奇露尾甲幼虫有 4 个龄期, 幼虫摄食可长达 6 d, 幼虫在停止取食后仍然可保持 4 ~ 13 d。Scott *et al.* (2020) 使用镊子和放大灯在蜂巢中共发现了 133 头幼虫, 其中包括 1 龄幼虫 7 头、2 龄幼虫 22 头、3 龄幼虫 47 头、4 龄幼虫 57 头; 均与本研究结果吻合。Adrian *et al.* (2012) 对蜂巢奇露尾甲幼虫进行了实验室竞争性诱捕试验, 结果表明光照对早龄幼虫的吸引力不显著, 而游荡期的幼虫表现出强烈的趋光性, 因此饲养条件下光照周期的不同可能会造成幼虫龄期数的不同; 本研究还发现 1 ~ 3 龄幼虫的发育历期均相对较短, 取样间隔时间过长可能会造成龄期划分的误差。因此本研究通过每天连续不间断的取样方法, 从而为数据分析的准确性提供了保障; 通过分析数据发现 2 龄幼虫的发育历期相对较短, 且 2 龄和 3 龄幼虫龄期有交叉现象, 故通过取样得到的 2 龄幼虫数量较少; 1 龄和 3 龄幼虫的发育历期相对稍长, 故取样得到的 1 龄和 3 龄幼虫

数量相对较多且总量差别不大; 但由于 1 龄幼虫头壳宽度值变幅较小, 所以分布相对集中, 而 3 龄幼虫头壳宽度值变幅相对较大, 所以分布相对分散; 4 龄幼虫的发育历期为最长, 所以得到的 4 龄幼虫数量为最多 (图 4)。龄期的准确划分, 可以为蜂巢奇露尾甲的生物学习性研究及科学防治方案的制定等提供理论依据, Kanga 和 Somorin (2012) 测定了蜂巢奇露尾甲 1 ~ 4 龄幼虫对杀虫剂和昆虫生长调节剂的敏感性, 筛选出几种对幼虫杀灭活性较高的化学药剂, 同时也发现其中 4 种昆虫生长调节剂对 3 龄、4 龄幼虫的生长发育没有不良影响; Powell *et al.* (2017) 通过对蜂巢奇露尾甲 1 ~ 4 龄幼虫的靶位点注射 dsRNA 来实现 RNA 干扰, 为蜂巢奇露尾甲的生物防治新技术应用提供理论指导。

本研究还对蜂巢奇露尾甲幼虫的形态特征进行描述, 养蜂者或相关部门可根据蜂巢奇露尾甲幼虫的形态特征, 严格进行蜂巢或进口蜂产品的检验和检查, 提前做好预报和预防工作, 以避免或减少该虫对我国养蜂业的影响, 促进我国蜜蜂养殖业的快速健康发展 (泮莞坤, 2016)。关于蜂巢奇露尾甲幼虫各龄期形态特征的描述则会做进一步的详细研究。

参考文献 (References)

- Adrian JD, Richard TA, Audrey BS, *et al.* The influence of light on small hive beetle (*Aethina tumida*) behavior and trap capture [J]. *Apidologie*, 2012, 43 (4): 417 - 424.
- Cuthbertson A, Wakefield M, Powell M, *et al.* The small hive beetle *Aethina tumida*: A review of its biology and control measures [J]. *Current Zoology*, 2013, 59 (5): 644 - 653.
- Cervancia C, Guzman L, Polintan E, *et al.* Current status of small hive beetle infestation in the Philippines [J]. *Journal of Apicultural Research*, 2016, 55: 74 - 77.
- Crosby TK. Dyar's rule predated by Brooks' rule [J]. *New Zealand Entomologist*, 2012, 5 (2): 175 - 176.
- Chapman RF. The Insects: Structure and Function [M]. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1998: 376 - 380.
- Cai WZ, Pang XF, Hua BZ, *et al.* General Entomology [M]. The Second Edition. Beijing: China Agricultural University Press, 2011: 263 - 265. [彩万志, 庞雄飞, 花保祯, 等. 普通昆虫学 [M]. 第 2 版. 北京: 中国农业大学出版社, 2011: 263 - 265]
- Craig D. A. The larvae of *Tahitian simuliidae* (Diptera: Nematocera) [J]. *Journal of Medical Entomology*, 1975, 12 (4): 463 - 476.
- Chen YN, Pan T. Also talk about the growth law of insect larva head width and food intake [J]. *Insect Knowledge*, 1988, 4: 235 - 240. [陈永年, 潘桐. 也谈昆虫幼虫头宽及摄食量的增长规律]

- [J]. 昆虫知识, 1988, 4: 235–240]
- Dong YZ, Chen BX, Xu S, *et al.* Division of larval instars of the litchi giant looper, *Ascotis selenaria* (Lepidoptera: Geometridae) [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2011, 33 (4): 552–556. [董易之, 陈炳旭, 徐淑, 等. 荔枝大造桥虫幼虫龄数的划分 [J]. 环境昆虫学报, 2011, 33 (4): 552–556]
- Haque N, Levot G. An improved method of laboratory rearing the small hive beetle *Aethina tumida* Murray (Coleoptera: Nitidulidae) [J]. *General and Applied Entomology: The Journal of the Entomological Society of New South Wales*, 2005, 34: 29–31.
- Jin T, Zhong YH, Lin YY, *et al.* Indoor screening of small beetle insecticides against new invasive pests [J]. *Journal of Environmental Insects*, 2020, 42 (3): 740–745. [金涛, 钟义海, 林玉英, 等. 防治新入侵害虫蜂巢小甲虫杀虫剂的室内筛选 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (3): 740–745]
- Kanga LHB, Somorin AB. Susceptibility of the small hive beetle, *Aethina tumida* (Coleoptera: Nitidulidae), to insecticides and insect growth regulators [J]. *Apidologie*, 2012, 43 (1): 95–102.
- Lundie A. The small hive beetle, *Aethina tumida* [R]. Science Bulletin Department of Agriculture & Forestry Union of South Africa, 1940, 220 (3): 30.
- Loerch CR, Cameron EA. Determination of larval instars of the bronze birch borer, *Agrilus anxius* (Coleoptera: Buprestidae) [J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 1983, 76 (6): 948–952.
- Lai KP, Lu W, Liu DX, *et al.* The larval instars and stadia of the longhorn beetle *Glenea cantor* [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2008, 1: 138–140, 176. [赖开平, 陆温, 刘德星, 等. 眉斑并脊天牛幼虫龄数及各龄特征 [J]. 昆虫知识, 2008, 1: 138–140, 176]
- Neumann P, Elzen P. The biology of the small hive beetle (*Aethina tumida* Murray, Coleoptera: Nitidulidae): Gaps in our knowledge of an invasive species [J]. *Apidologie*, 2004, 35: 229–247.
- Neumann P, Pettis J, Schafer M. Quo vadis *Aethina tumida*? Biology and control of small hive beetles [J]. *Apidologie*, 2016, 47: 427–466.
- Powell ME, Bradish HM, Gatehouse JA, *et al.* Systemic RNAi in the small hive beetle *Aethina tumida* Murray (Coleoptera: Nitidulidae), a serious pest of the European honey bee *Apis mellifera* [J]. *Pest Management Science*, 2017, 73 (1): 53–63.
- 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]
- Pan WK, Guo J, Yu YY, *et al.* Morphological characteristics of the larvae of *Galleria mellonella* (Linnaeus) [J]. *Heilongjiang Science and Technology Information*, 2016, 18: 273. [泮堯坤, 郭俊, 虞莹玉, 等. 大蜡螟 *Galleria mellonella* (Linnaeus) 幼虫形态特征研究 [J]. 黑龙江科技信息, 2016, 18: 273]
- Scott Nacko, Mark Hall, Michael Duncan, *et al.* Scientific note on small hive beetle infestation of stingless bee (*Tetragonula carbonaria*) colony following a heat wave [J]. *Apidologie*, 2020, 51 (6): 1–3.
- Wang XY, Yang ZQ, Liu GJ, *et al.* Larval instars and stadia of *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2005, 3: 97–102. [王小艺, 杨忠岐, 刘桂军, 等. 白蜡窄吉丁幼虫的龄数和龄期测定 [J]. 林业科学, 2005, 3: 97–102]
- Wei SJ, Zheng HH, Huangfu WG, *et al.* Division of larval instars of the citrus borer, *Agrilus auriventris* Saunders (Coleoptera: Buprestidae) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2006, 49 (2): 302–309. [魏书军, 郑宏海, 皇甫伟国, 等. 柑桔爆皮虫幼虫龄期的划分 [J]. 昆虫学报, 2006, 49 (2): 302–309]
- Yu YH, Cen GJ, Wei DW, *et al.* Division of larval instars of *Dorystenes granulosus* based on Crosby growth rule [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2012, 43 (10): 1485–1489. [于永浩, 岑冠军, 韦德卫, 等. 基于 Crosby 生长法则的蔗根土天牛幼虫龄期划分 [J]. 南方农业学报, 2012, 43 (10): 1485–1489]
- Zhao HX, Huang WZ, Ji CH, *et al.* Investigation of the honey bee viruses vectored by the small hive beetle *Aethina tumida* (Coleoptera: Nitidulidae) from different host bee species [J]. *Journal of Plant Protection*, 2019, 46 (6): 1383–1384. [赵红霞, 黄文忠, 姬聪慧, 等. 不同寄主来源的蜂箱奇露尾甲携带蜜蜂病毒情况调查 [J]. 植物保护学报, 2019, 46 (6): 1383–1384]
- Zhao HX, Wang HT, Hou CS, *et al.* Identification and occurrence survey of *Aethina tumida*, an invasive pest in China [J]. *Apiculture of China*, 2018, 69 (11): 29–31. [赵红霞, 王华堂, 侯春生, 等. 入侵中国的蜂箱小甲虫鉴定及发生为害调查 [J]. 中国蜂业, 2018, 69 (11): 29–31]
- Zhong YH, Han WS, Zhao DX. Risk assessment of introduction of beehive beetles into China [J]. *Plant Quarantine*, 2020, 32 (2): 47–51. [钟义海, 韩文素, 赵冬香. 蜂巢小甲虫传入中国的风险评估 [J]. 植物检疫, 2020, 32 (2): 47–51]
- Zhang MM, Li ZG, Zhao HX, *et al.* Be alert to the threat of *Aethina tumida* Murray to bee industry in China [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2021, 43 (2): 529–536. [张明明, 李志刚, 赵红霞, 等. 警惕外来入侵物种——蜂巢奇露尾甲对我国蜂产业的威胁 [J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (2): 529–536]
- Zhang JK, Hu KY, Zhang GX, *et al.* Larval morphology, instars and life cycle of *Cricula variabilis* (Lepidoptera: Saturniidae) [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2021, 58 (1): 158–164. [张锦坤, 胡可炎, 张国祥, 等. 异斑小字大蚕蛾幼虫形态、龄期与生活史研究 [J]. 应用昆虫学报, 2021, 58 (1): 158–164]
- 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 ZB, Long JM, Zhang YK, *et al.* Screening of larval instar classification indexes of *Batocera rufomaculata* [J]. *China Plant Protection*, 2020, 40 (6): 32–38. [张祖兵, 龙继明, 张永科, 等. 赤斑白条天牛幼虫龄期划分指标的筛选 [J]. 中国植保导刊, 2020, 40 (6): 32–38]