



柠条长角象雌雄个体的快速鉴别方法^{*}

雷静文^{1**} 赵胜国² 李宝龙³ 赵鹏武¹ 张丽艳¹
刘雪英¹ 胡雅茹¹ 张燕如^{1***}

(1. 内蒙古农业大学林学院, 呼和浩特 010019; 2. 内蒙古自治区林业和草原有害生物防治检疫总站, 呼和浩特 010020;
3. 内蒙古自治区武川县森林草原生态保护中心, 武川 011700)

摘要 【目的】柠条长角象 *Trigonorhinus* sp. 是内蒙古地区新发现为害中间锦鸡儿 *Caragana liouana* Zhao Y. Chang & Yakovlev 的蛀干害虫。为便于种群调查和分辨雌雄成虫, 本文对柠条长角象雌雄性别间的形态差异进行研究。【方法】通过测量柠条长角象成虫体长、体宽和第 6 腹板以及腹部末端和鞘翅末端是否完全覆盖腹部腹板等形态特征, 进行雌雄成虫个体判别。【结果】采用独立样本 *t* 检验分析并比较发现, 雌雄两性成虫体长 ($t = -0.294, P = 0.771$)、体宽 ($t = 0.981, P = 0.337$) 和体宽与体长之比 ($t = 1.352, P = 0.191$) 差异不显著。通过对柠条长角象雌雄成虫个体的体征观察发现, 差异主要表现在: 1) 雌虫腹部末端于中央圆弧处凹入呈二裂形, 雄虫腹部末端钝圆; 2) 雌性的第 6 腹板长度 (0.48 ± 0.01) mm 明显较第 5 腹板长, 而雄性 (0.30 ± 0.01) mm 显著短, 且雌虫第 6 腹板所占体长比例 (0.16 ± 0.01) mm 大于雄虫所占体长比例 (0.11 ± 0.02) mm; 3) 雌虫鞘翅完全覆盖腹部末端, 雄虫鞘翅未完全覆盖腹部末端。【结论】仅依据柠条长角象体型大小鉴别雌雄成虫是比较困难的, 但第 6 腹板形态上的差异可以作为柠条长角象雌雄成虫准确、快速鉴别的特征。

关键词 柠条长角象; 性别; 特征; 腹板

Morphological criteria for sexing adult *Trigonorhinus* sp.

LEI Jing-Wen^{1**} ZHAO Sheng-Guo² LI Bao-Long³ ZHAO Peng-Wu¹
ZHANG Li-Yan¹ LIU Xue-Ying¹ HU Ya-Ru¹ ZHANG Yan-Ru^{1***}

(1. College of Forestry, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China; 2. Forestry and Grassland Pest Control and Quarantine Station of Inner Mongolia Autonomous Region, Hohhot 010020, China; 3. Forest and Grassland Ecological Protection Center of Wuchuan County, Inner Mongolia Autonomous Region, Wuchuan 011700, China)

Abstract 【Objectives】To identify morphological criteria for sexing *Trigonorhinus* sp., an important wood-boring pest of *Caragana liouana* Zhao Y. Chang & Yakovlev. 【Methods】The following morphological characteristics of adult *Trigonorhinus* sp. were measured; body length, body width and length of the 6th abdominal plate, as well as whether the wing sheath completely covered the end of the abdomen. 【Results】1) The end of the abdomen of females is concave and bifid in the center, whereas that of males is bluntly rounded. 2) The 6th abdominal plate of females is significantly longer (0.48 ± 0.01) mm than the 5th plate of males which was significantly shorter [(0.30 ± 0.01) mm]. The proportion of body length comprised by the 6th abdominal plate [(0.16 ± 0.01) mm] is greater in females than in males [(0.11 ± 0.02) mm]. 3) Wing sheaths completely cover the end of abdomen in females, but not in males. 【Conclusion】Although is difficult to sex adult *Trigonorhinus* sp. on the basis of body size alone, they can be readily sexed by the length of the 6th belly plate. However, definitive sexing requires examination of the external genitalia.

Key words *Trigonorhinus* sp.; sex; character; abdominal

*资助项目 Supported projects: 国家自然科学基金 (32160372); 内蒙古自治区自然科学基金 (2020BS03014); 内蒙古自治区林业“双一流”建设项目 (DC2100001171); 内蒙古自治区高等学校科学研究项目 (NJZZ18047)

**第一作者 First author, E-mail: leijingwen111@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: zhangyanru4479@126.com

收稿日期 Received: 2022-01-11; 接受日期 Accepted: 2022-06-28

在内蒙古中部多个地区, 调查发现中间锦鸡儿 *Caragana liouana* Zhao Y. Chang & Yakovlev 的主树和侧枝上着生大量虫瘿, 对“瘤状物”进行解剖发现是一种蛀干类害虫。现有文献记载, 该害虫主要为害柠条 *Caragana korshinskii*, 首次在陕西省吴起县发现 (宋晓斌等, 2010), 目前没有进行科学规范的命名, 在内蒙古地区也未曾有过记录。经俄罗斯象甲专家 Korotyaev 鉴定, 确定此类害虫隶属于 *Trigonorhinus*, 鞘翅目 Coleoptera、象甲科 Curculionidae、长角象亚科 Anthribidae, 中文名拟定为柠条长角象 *Trigonorhinus* sp.。目前, 在古北区仅发现 2 种 *Trigonorhinus* 昆虫, 包括 *T. areolatus* 和 *T. dolgovi* (Schoenheer, 1845), 而在内蒙古中间锦鸡儿上发现的这个害虫并不属于这两个物种, 极有可能为新种。为了证实这一猜想, 目前正在根据分子和形态数据进行鉴定。

目前, 尚未有关柠条长角象雌雄成虫鉴别的任何研究, 而准确识别柠条长角象成虫雌雄个体, 对建立林间虫情监测、预测林间性比和种群动态, 开展科学的预测预报和应急防控具有重大意义 (冯丽凯等, 2019; 胡敏等, 2020)。传统且可靠的雌雄性别鉴定方法是外生殖器解剖法, 但是通过该方法鉴定后的虫体无法进行生殖学、行为学等实验, 且该方法需要借助解剖镜等设备, 过程繁琐 (黄欣等, 2020)。鉴于此, 寻找快速和简便的柠条长角象雌雄识别的形态学方法十分必要。目前, 国内外对长角象科雌雄成虫性别鉴定的研究少之甚少, 仅记载可根据臀板形态特征对咖啡豆象 *Araecerus fasciculatus* 的雌雄成虫 (Sayed, 1935; 黄静芬, 1983) 以及根据触角的粗细程度对荻粉长角象甲 *Phlotobius* sp. 雌雄成虫进行辨认 (王宗典, 1983)。本研究通过常年饲养柠条长角象, 持续对成虫虫态进行全面细致的观察; 在体式显微镜下, 以提出快速鉴别柠条长角象成虫雌雄个体的典型特征和方法, 为测报人员和广大科研工作者提供了科学依据和理论方法。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

2021 年 9-10 月, 在内蒙古呼和浩特市和林格尔县采集新鲜的柠条瘿瘤置于温度为 $(26 \pm 1) ^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 $75\% \pm 5\%$ 、光周期为 0L:24D 的智能光照培养箱中, 直至羽化。将羽化后的成虫采用新鲜柠条虫瘿饲养于养虫笼 ($120 \text{ cm} \times 120 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}$) 内, 并置于遮光处。

1.2 实验方法

1.2.1 成虫外部形态特征观察 观察羽化后柠条长角象成虫的交配行为, 并确定雌虫和雄虫个体。为了排除个体间形态差异, 随机选取 20 对正在交配的雌雄成虫, 参考赵养昌和陈元清 (1980)、陈冲等 (2013) 以及赵洁等 (2021) 的方法对象甲科雌雄虫进行鉴别, 选择体长、体宽、第 6 腹板长以及柠条长角象长宽比、第 6 腹板长度与体长之比 5 个可测量体征参数和腹部末端形态及鞘翅末端是否完全覆盖腹部 2 个观察参数特征。

1.2.2 准确率的验证 通过对 60 头成虫进行生殖器解剖, 准确将供测成虫分为雌、雄两组, 雌虫 26 头, 雄虫 34 头。用体式显微镜目镜测微尺测量, 体长和体宽; 观察腹部末端、第 6 腹板所占体长比例以及鞘翅末端是否完全覆盖腹部 3 个外部形态特征。计算鉴别雌雄的准确率。

1.3 观测方法

用毛笔蘸取 75% 酒精冲洗雌雄成虫数次后, 放置室内自然烘干。待完全干燥后, 用昆虫针将雌雄成虫固定在泡沫板上, 使用 Leica Application SuiteX 体式显微镜拍照。为了能够清楚的看见雌雄成虫外部形态差异, 将雌雄成虫放在同一视野下测量并拍照不同部位。

1.4 数据分析

应用 SPSS 23.00 软件, 对所有数据进行正态和方差齐性检验后, 采用独立样本 *t* 检验比较雌雄成虫体长、体宽以及第 6 腹板的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 柠条长角象的体长与体宽

柠条长角象虫体全身被毛,体背深灰色或棕灰色。柠条长角象雌成虫和雄成虫体长分别为 (2.97 ± 0.16) mm 和 (2.99 ± 0.06) mm;体宽分别为 (1.91 ± 0.08) mm 和 (1.84 ± 0.28) mm;体宽与体长之比分别为 0.64 和 0.62(表 1)。

采用独立样本 t -检验分析并比较雌雄两性成虫上述 3 个参数特征值间的差异性,结果表明,柠条长角象雌雄成虫的体长($t=-0.294$, $P=0.771$)、体宽($t=0.981$, $P=0.337$)和体宽与体长之比($t=1.352$, $P=0.191$)差异不显著(图 1)。由于雌成虫和雄成虫个体较小,体长和体宽的区分范围可能存在重叠区域。因此,体长、体宽以及体宽与体长之比并不能成为柠条长角象雌雄辨别的主要依据。

表 1 雌雄成虫的体征参数

Table 1 Morphological parameters of male and female adult of *Trigonorhinus* sp.

参数 Parameter	雌性 ($n=20$) Female ($n=20$)	雄性 ($n=20$) Male ($n=20$)	平均值 $\pm$ 标准误 Mean $\pm$ SE	t	P
体长 (mm) Body length (mm)	2.97 ± 0.16	2.99 ± 0.07	-0.01 ± 0.12	-0.294	0.771
体宽 (mm) Body width (mm)	1.91 ± 0.08	1.84 ± 0.28	0.06 ± 0.21	0.981	0.337
体宽与体长之比 The ratio of body width to body length	0.64 ± 0.01	0.62 ± 0.08	1.10 ± 0.06	1.352	0.191
第 6 腹板长度 (mm) 6th belly plate length (mm)	0.48 ± 0.01	0.30 ± 0.01	0.39 ± 0.09	5.517	0.000
第 6 腹板长度与体长之比 Ratio of 6th belly plate length to body length	0.16 ± 0.01	0.11 ± 0.02	0.13 ± 0.03	3.695	0.000

置信区间为 95%。The confidence interval is 95%.

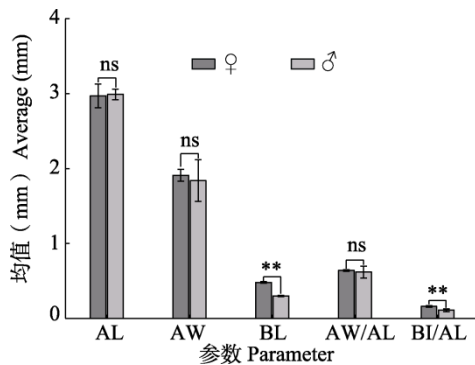


图 1 雌雄成虫主要外部形态特征参数的比较

Fig. 1 Comparison of main external morphological parameters of male and female adults of *Trigonorhinus* sp.

AL: 体长; AW: 体宽; BL: 第 6 腹板长; AW/AL: 体宽与体长之比; BL/AL: 第 6 腹板长与体长之比。
**表示差异极显著 ($\alpha=0.01$); ns 表示无显著差异。
AL: Body length; AW: Body width; BL: 6th belly plate length; AW/AL: Ratio of body width to body length; BL/AL: Ratio of 6th belly plate length to body length.
** means extremely significant differences ($\alpha=0.01$); ns means no significant difference.

2.2 腹部末端

柠条长角象雌虫腹部末端于中央圆弧处凹入呈二裂形,且密被软毛(图 2: A, 蓝色箭头);雄虫腹部末端中央则比较饱满,末端圆钝(图 2: B, 蓝色箭头)。在实际应用中,因为雌虫腹部末端凹入很微小并不易观察,必须在体式显微镜下才可鉴别,耗时较长,所以此方法虽然准确,但不适用于大量虫子的雌雄识别。

2.3 第 6 腹板

柠条长角象腹部共 6 腹板。实验测得柠条长角象雌成虫和雄成虫第 6 腹板平均长度分别为 (0.48 ± 0.01) mm 和 (0.30 ± 0.01) mm;第 6 腹板长度与体长之比分别为 0.16 和 0.11(表 1)。经结合独立样本 t 检验分析比较,结果表明柠条长角象雌雄成虫的第 6 腹板长度($t=5.517$,

$P=0.000$)、第 6 腹板长度与体长之比 ($t=3.695$, $P=0.000$) 差异极显著 (图 1); 通过体式显微镜观察发现, 雌性的第 6 腹板明显较第 5 腹板长 (图 2: A), 而雄性则显著短 (图 2: B)。测量

值与观察值相结合, 无论是室内还是野外工作, 柠条长角象成虫雌性的第 6 腹板明显较第 5 腹板长, 而雄性则显著短, 这一差异均可作为准确、快速区分雌雄个体的第一选择。

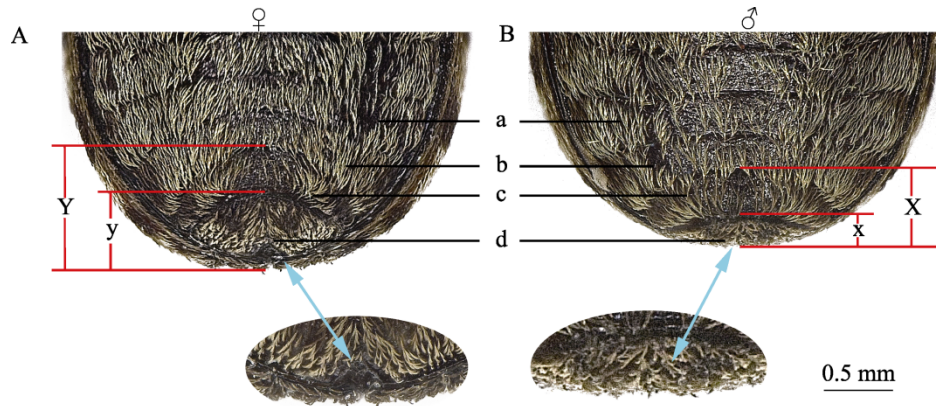


图 2 雌雄成虫腹部末端及第 6 腹板

Fig. 2 Abdominal end and 6th belly plate of male and female adults of *Trigonorhinus* sp.

A. 雌性; B. 雄性。a: 第 3 腹板; b: 第 4 腹板; c: 第 5 腹板; d: 第 6 腹板; 蓝色箭头: 腹部末端; Y, X: 第 5 腹板长度; y, x: 第 6 腹板长度。

A. Female; B. Male. a: The 3th belly plate; b: The 4th belly plate; c: The 5th belly plate; d: The 6th belly plate; Blue arrow: End of abdomen; Y, X: Length of the 5th belly plate; y, x: Length of the 6th belly plate.

2.4 鞘翅与腹板的位置

通过体式显微镜下观察发现, 柠条长角象成虫鞘翅末端覆盖腹部末端面积因雌雄差异而不同。雌虫鞘翅完全覆盖腹部末端 (图 3: A, 黄色圆圈); 雄虫的腹部末端未完全覆盖 (图 3: B, 黄色圆圈)。该鉴别方法在实际应用过程中同观察柠条长角象腹部末端的方法相类似, 由于差异微小, 仅能在高倍数体视镜下才可鉴别雌雄成

虫, 准确但并不快捷。

2.5 准确率验证

随机挑选 60 头成虫并按雌雄分类放置 (雌虫: 26 头; 雄虫: 34 头), 根据成虫腹部末端、第 6 腹板所占体长比例以及鞘翅与腹部末端的位置 3 处形体特征进行性别鉴定 (表 2), 随后通过外生殖器解剖加以验证。鉴定准确率为 100% (表 3)。

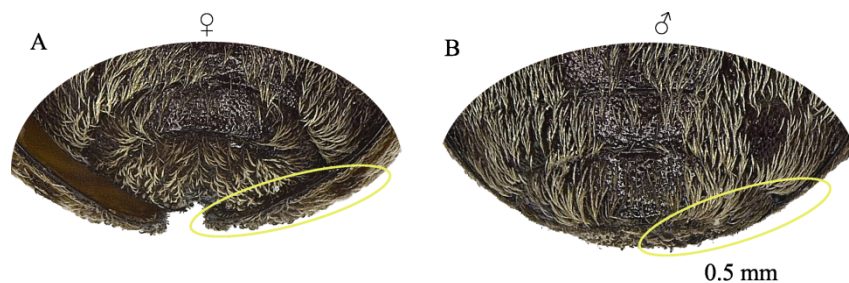


图 3 雌雄成虫鞘翅与腹板的位置

Fig. 3 Location of coleoptera and web of male and female adults of *Trigonorhinus* sp.

A. 雌性; B. 雄性。黄色圆圈: 鞘翅末端所在的位置。

A. Female; B. Male. Yellow circle: The position of the end of the coleopteran.

表 2 柠条长角象雌雄成虫形态特征
Table 2 Morphological characteristics of male and female adults of *Trigonorhinus* sp.

性别 Sex	腹部末端 Abdominal end	第 6 腹板 The 6th belly plate	鞘翅与腹板的位置 Location of sheath wing and belly plate
雌虫 Female	中央圆弧处强烈凹入呈二裂式 The central arc is strongly concave and split	第 6 腹板较第 5 腹板长, 平均长度 (0.48±0.01) mm The 6th belly plate is longer than the 5th, with an average length of (0.48±0.01) mm	鞘翅完全覆盖腹板 Sheath wings completely covering the belly plate
雄虫 Male	中央比较饱满, 末端圆钝 The center is full and the end is round and blunt	第 6 腹板较第 5 腹板小, 略显紧凑, 平均长度 (0.30±0.01) mm The 6th belly plate is smaller and slightly more compact than the 5th, with an average length of (0.30±0.01) mm	鞘翅未完全覆盖腹板 Sheath wings not completely covering the belly plate

表 3 柠条长角象雌雄成虫鉴定结果
Table 3 Adults sex-determination of *Trigonorhinus* sp.

参数 Parameter	雌虫 (n=26) Female (n=26)	雄虫 (n=34) Male (n=34)
腹部末端 Abdominal end	26	34
第 6 腹板 The 6th belly plate	26	34
鞘翅与腹板位置 Location of elytra and web	26	34
准确率 (%) Accuracy rating (%)	100	100

3 讨论

实验室饲养柠条长角象发现, 该害虫主要以幼虫钻蛀取食为害, 5 龄幼虫即老熟幼虫停止取食, 开始在虫瘿中化蛹和羽化; 成虫咬食外表皮补充营养, 并突破外表皮, 随后产卵于中间锦鸡儿当年新抽出的枝条内。若未能有效地鉴别雌雄成虫, 将给成虫羽化后的后续研究工作带来较大的困难。因此, 开展快捷、准确地性别鉴定工作, 对今后深入研究其行为学、生物学以及生态学、化学生态学等具有颇为重要的意义 (陈琪等, 2015; 冯丽凯等, 2019)。

本文选择柠条长角象的非生殖器参数作为鉴别雌雄成虫的依据, 所描述的成虫雌雄个体间形态上的差异与沟眶象甲 *Eucryptorrhynchus chinensis* (杨贵军等, 2008; 陈冲等, 2013)、突背蔗犀金龟 *Alissonotum impressicolle* Arrow (商显坤等, 2018) 等鞘翅目成虫极其相似, 表

现为雌虫腹部末端于中央处圆弧处凹入呈二裂形, 雄虫腹部末端圆钝; 雌虫鞘翅完全覆盖腹部末端, 而雄虫腹部末端略突出。考虑到柠条长角象虫体较小, 腹部末端以及鞘翅覆盖度虽然差异明显, 但户外目测区分存在难度且需要在高倍体视镜下才可看清, 影响辨别准确性。

此外, 以往对长角象科成虫雌雄辨别的研究仅提出臀板及触角间的差异 (黄静芬, 1983; 李灿和李子忠, 2010), 作者在观察中发现柠条长角象雌成虫和雄成虫的臀板和触角在形态上差异不大, 但雌雄虫腹部第 6 腹板形态有所区别, 即雌虫的第 6 腹板明显较第 5 腹板长, 而雄虫则显著短。这一形态特征的差异明显, 在光线良好情况下肉眼基本可见或只需借助放大镜、显微镜等装置即可辨别, 是室内外区分柠条长角象雌雄成虫的最直接、高效、准确的方法。

本文提出的柠条长角象雌雄成虫个体鉴别方法简单易行, 准确率可达 100%。无论在室内或是野外, 操作过程均不会对虫体造成伤害。但是, 由于不同个体之间存在差异, 有些成虫的个别特征并不明显, 在实际操作过程中, 为了提高辨别准确度, 需要结合腹部末端、鞘翅与腹板的位置以及第 6 腹板长度共同进行鉴别, 符合两个以上的特征即可做出判断。本次研究为快速监测柠条长角象在中间锦鸡儿林中的性别比例、种群动态及开展准确的预测预报提供了有效便捷途径, 对生产实践具有指导意义, 并为后期进一步研究柠条长角象信息素的提取提供理论依据。

参考文献 (References)

- Chen C, Yu QQ, Liu ZK, Sun YW, Cao CJ, Bao S, Wen JB, 2013. Rapid differentiation between male and female adults of *Eucryptorrhynchus chinensis*. *Journal of Zhejiang A & F University*, 30(2): 309–312. [陈冲, 于倩倩, 刘振凯, 孙耀武, 曹川健, 宝山, 温俊宝, 2013. 快速区分沟眶象雌雄成虫的方法. *浙江农林大学学报*, 30(2): 309–312.]
- Chen Q, Xia XJ, Zhu J, Ma L, Huang GH, 2015. A method for rapidly identifying the pupal sex of *Parapoynx crisonalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(3): 780–783. [陈琪, 夏西聚, 朱捷, 马力, 黄国华, 2015. 快速鉴别菱角水螟雌雄蛹的方法. *应用昆虫学报*, 52(3): 780–783.]
- Feng LK, Liu Z, Li GF, Chen LS, Lin KJ, 2019. Morphological criteria for sexing different developmental stages of the codling moth, *Cydia pomonella* (L.). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 56(2): 354–360. [冯丽凯, 刘政, 李国富, 陈刘生, 林克剑, 2019. 苹果蠹蛾不同虫态体征及雌雄个体的快速鉴别方法. *应用昆虫学报*, 56(2): 354–360.]
- Huang JF, 1983. A preliminary observation on *Araecerus fasciculatus* de Geer damaging the garlic. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 6(3): 46–52. [黄静芬, 1983. 咖啡豆象为害大蒜头的初步观察. *南京农业大学学报*, 6(3): 46–52.]
- Hu M, Cheng YX, Zhang L, Luo LZ, Ji R, Jiang XF, 2020. Methods for identification of the morphological character and sex of *Loxostege sticticalis* larvae and pupae (Lepidoptera: Crambidae). *Plant Protection*, 46(2): 181–185, 192. [胡敏, 程云霞, 张蕾, 罗礼智, 季荣, 江幸福, 2020. 草地螟幼虫和蛹的形态特征及雌雄鉴别方法. *植物保护*, 46(2): 181–185, 192.]
- Huang X, Luo P, Liu W, Xiao B, Wang GL, 2020. Screening and determination of the best method in identifying the sexes of *Bacchisa atritarsis* adults. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 42(2): 266–274. [黄欣, 罗鹏, 刘伟, 肖斌, 王广利, 2020. 蓝翅天牛雌雄成虫最佳鉴别方法的筛选与确定. *江西农业大学学报*, 42(2): 266–274.]
- Li C, Li ZZ, 2010. Damage and life history of *Araecerus fasciculatus* in Guizhou. *Guizhou Agricultural Sciences*, 38(3): 93–95. [李灿, 李子忠, 2010. 检疫性害虫咖啡豆象在贵州的危害特点及其生活史. *贵州农业科学*, 38(3): 93–95.]
- Sayed MTE, 1935. On the biology of *Araecerus fasciculatus* de Geer (Coleoptera: Anthribidae), with special reference to the effects of variations in the nature and water content of the food. *Annals of Applied Biology*, 22(3): 557–577.
- Song XB, Liu GQ, Mo YD, 2010. *Trigonorhinus* sp.—A new pest in *Caragana korshinskii*. *Journal of Northwest Forestry University*, 25(2): 130–131. [宋晓斌, 刘广全, 莫延德, 2010. 柠条长角象 (*Trigonorhinus* sp.) ——新记录害虫. *西北林学院学报*, 25(2): 130–131.]
- Shang XK, Huang CH, Pan XH, Wei JL, 2018. The method for identifying sexuality of *Alissonotum impressicollae* Arrow adults. *Journal of Environmental Entomology*, 40(2): 485–488. [商显坤, 黄诚华, 潘雪红, 魏吉利, 2018. 突背蔗犀金龟雌雄成虫的鉴别方法. *环境昆虫学报*, 40(2): 485–488.]
- Wang ZD, 1983. Preliminary observation on the long horned elephant of *Phlotobius* sp. *Entomological Knowledge*, 29(3): 120–121. [王宗典, 1983. 获粉长角象的初步观察. *昆虫知识*, 29(3): 120–121.]
- Yang GJ, Yong HL, Wang XP, 2008. The biological characters and behavior of *Eucryptorrhynchus chinensis*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 45(1): 65–69. [杨贵军, 雍惠莉, 王新谱, 2008. 沟眶象的生物学特性及行为观察. *昆虫知识*, 45(1): 65–69.]
- Zhao J, Gao L, Ju RT, 2021. The morphological difference between male and female, reproductive characteristics and the formation process of the tunnel system of *Acanthotomicus suncei* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Fudan University (Natural Science)*, 60(1): 58–64. [赵洁, 高磊, 鞠瑞亭, 2021. 枫香刺小蠹雌雄成虫的形态差异、繁殖特性及其坑道系统形成过程. *复旦学报*, 60(1): 58–64.]
- Zhao YC, Chen QY, 1980. Economic Insect Fauna of China: Fasc. 20. Coleoptera: Curculionidae (I). Beijing: Science Press. 16–17. [赵养昌, 陈元清, 1980. 中国经济昆虫志: 第 20 册 鞘翅目象甲科 (一). 北京: 科学出版社. 16–17.]