

三种诱捕器对天牛科昆虫的诱集效率*

李路瑶** 孟庆繁*** 李 燕 高文韬

(北华大学林学院, 吉林 132013)

摘 要 【目的】不同诱捕器类型可以有效诱集不同昆虫物种, 为了更准确的判断某地区的物种丰富度, 更高效的进行不同物种的诱集, 开展不同诱捕器类型对昆虫诱集效率的对比研究是至关重要的。【方法】研究了挡板、漏斗和马氏 3 种不同类型诱捕器在吉林省松花湖库区蒙古栎林中对天牛科昆虫的诱集数量和种类。【结果】在相同地点和相同时间段内, 漏斗诱捕器共诱集 189 头天牛科昆虫、分属于 4 亚科、11 属、12 种; 挡板诱捕器共诱集 134 头天牛科昆虫, 分属于 5 亚科、15 属、17 种; 马氏诱捕器共诱集 99 头天牛科昆虫, 分属于 4 亚科、16 属 18 种。从诱集到的物种丰富度看, 诱集效率顺序为: 马氏诱捕器>挡板诱捕器>漏斗诱捕器; 从诱集到的个体数量看, 诱集效率顺序为: 漏斗诱捕器>挡板诱捕器>马氏诱捕器; 从诱集到的优势种数量看, 诱集效率顺序为: 漏斗诱捕器>挡板诱捕器>马氏诱捕器。【结论】从成本和效率的综合因素考虑, 在一般性天牛科昆虫调查和种群监测时, 可以选择以联合使用挡板和漏斗诱捕器为主, 马氏诱捕器辅之的调查设计, 可达到高效且经济的调查天牛科昆虫的目的。

关键词 诱捕器类型, 天牛科昆虫, 诱集效率

Relative efficiency of three trap types for monitoring longhorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae)

LI Lu-Yao** MENG Qing-Fan*** LI Yan GAO Wen-Tao

(College of Forestry, Beihua University, Jilin 132013, China)

Abstract [Objectives] Insect traps of different designs can sample some species more effectively than others. In order to estimate regional species richness more accurately, and detect a variety of species more efficiently, it's important to determine the relative efficiency of different trap types. [Methods] We compared the quantity and species diversity of longhorn beetles captured in funnel, intercept and Malaise traps in Mongolian oak forest at Songhua Lake in Jilin Province. [Results] The funnel trap captured a total of 189 longhorn beetles (4 subfamilies, 11 genera and 12 species), the intercept trap captured 134 specimens (5 subfamilies, 15 genera and 17 species), and the Malaise trap captured 99 specimens (4 subfamilies, 16 genera, 18 species). The relative ranking of the three trap types was, in terms of species richness, Malaise trap > intercept trap > funnel trap; in terms of absolute abundance, funnel trap > intercept trap > Malaise trap; and in terms of trapping dominant species, funnel trap > intercept trap > Malaise trap. [Conclusion] A combination of intercept and funnel traps, supplemented with Malaise traps, should be the most efficient and economical method for trapping longhorn beetles.

Key words trap types, longhorn beetles, trap efficiency

天牛是昆虫纲有翅亚纲鞘翅目叶甲总科天牛科 (Cerambycidae) 昆虫的总称, 部分种类幼虫钻蛀危害林木的枝干、根部, 是农林业生产中的重要害虫。天牛分布广、种类多, 全世界已知

的天牛种类有 9 个亚科 (Lawence, 1982), 约 45 000 种, 我国已经记载有 3 100 余种 (华立中等, 2009)。天牛大发生时可引起林木大量死亡, 造成严重的经济损失 (黄建华和周善义, 2003)。

* 资助项目 Supported projects: 吉林省科技引导计划国际科技合作项目 (20140414055GH)

**第一作者 First author, E-mail: 783771655@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: qingfanmeng@sina.com

收稿日期 Received: 2015-04-20, 接受日期 Accepted: 2015-07-05

所以控制天牛类害虫的扩散和传播受到国内外普遍重视。

天牛科昆虫在生境选择、寄主定位、异性识别、交尾等行为中都利用昆虫性信息素、聚集信息素和寄主挥发物等化学信息物质,来提高相应行为的效率 (Schneider, 1964)。迄今为止,已经在 5 个天牛亚科 (天牛亚科 (Lacey *et al.*, 2007)、椎天牛亚科 (Silk *et al.*, 2007)、锯天牛亚科 (Cervantes *et al.*, 2006)、沟胫天牛亚科 (Zhang *et al.*, 2002) 和花天牛亚科 (Ray *et al.*, 2011) 的一些种类中鉴定出了性信息素和聚集信息素组分。天牛信息素的野外诱集活性常常随着乙醇等寄主林木挥发物的加入而加强 (Sweeney *et al.*, 2010; Hanks and Millar, 2012)。寄主挥发物和天牛信息素的组合使用,可以获得高于各自单独使用的引诱效果 (江望锦等, 2005)。

不同诱捕器类型对一些特定昆虫有着不同的诱集效率 (Holland, 2006)。近年来,国内外学者对诱捕器类型、诱捕器颜色、悬挂位置 (高度)、布设密度与诱集效率和使用成本等方面开展了研究。研究发现诱捕器布设密度对于诱捕器的诱捕效果有显著影响 (王争艳和鲁玉杰, 2006); 诱捕器颜色和类型影响传粉昆虫 (Flower visiting insect) 的诱集效率, 不同种类的传粉昆虫偏爱特定颜色的诱捕器, 并且盘式诱捕器 (pan trap) 比马氏诱捕器 (Malaise trap) 的诱集效率高 (Campbell and Hanula, 2007); 诱捕器形状对腐木甲虫 (saproxylic beetles) 诱剂效率影响显著, 单板飞翔拦截诱捕器 (Single-plane trap) 比交叉挡板飞翔拦截诱捕器 (Cross-vanes trap) 诱捕效率更高 (Bouget *et al.*, 2008)。

为了更高效和经济地调查特定地区天牛物种多样性, 诱捕器类型的选择对提高调查效率和降低成本至关重要。本研究拟通过在同一林分设置配有天牛亚科挥发性信息素和乙醇诱芯的不同类型的诱捕器, 比较挡板、漏斗和马氏 3 种不同诱捕器类型对天牛科昆虫类群的诱集效率, 为今后更高效地调查天牛科昆虫物种多样性提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地

研究工作于 2013 年进行, 试验地位于吉林市东南郊丰满松花湖西岸 10 km 处 (126°41'E, 43°40'N), 林分类型为以蒙古栎为建群种的阔叶混交林。林分中主要乔木树种有蒙古栎 *Quercus mongolica*、白桦 *Betula platyphylla*、黑桦 *Betula dahurica*、山杨 *Populus davidiana*、糠椴 *Tilia mandschurica*、花曲柳 *Fraxinus rhynchophylla*、胡桃楸 *Juglans mandshurica* 等。花灌木中有兴安杜鹃 *Rhododendron dauricum*、忍冬类 *Caprifoliaceae* spp. 和山梅花 *Philadelphus incanus* 等。

1.2 诱捕器和诱剂

在蒙古栎林内布设配有天牛亚科昆虫公用信息素和乙醇诱芯的诱捕器阵列诱集天牛科昆虫成虫。诱捕器共有 3 种类型: 漏斗诱捕器 (Lindgren 12-funnel traps, Contech Enterprises Inc., Delta, BC, Canada)、挡板式飞翔拦截诱捕器 (Alpha Scents, Inc., Portland OR, USA) 和马氏诱捕器 (Mega View Science Co., Ltd. Taiwan Malaise trap)。信息化合物诱芯包括 3-羟基-2-己酮 (K6)、3-羟基-2-辛酮 (K8)、S,S-2, 3-己二醇 (D6SS) 诱芯和高释放率乙醇 (E) (Contech Inc, Delta, BC, Canada), K6、K8 和 D6SS 诱芯为片状聚乙烯控释袋, 内装一片 7.0 cm × 5.0 cm × 0.5 cm 加载了 1.4 g K6 或 K8 的人造海绵, 诱芯释放率大约 20~25 mg/d (20℃), 诱芯可维持 6~8 个星期, 高释放率 E 诱芯释放率大约 275 mg/d (20℃)。

1.3 取样方法

试验设计采用完全随机区组设计, 每区组含 3 种不同的诱捕器 (漏斗、挡板和马氏诱捕器), 每个诱捕器配用相同的诱芯 (K6、K8、D6SS 和 E), 共布设 10 个区组 30 个诱捕器。诱捕器设置在林隙及林间相对空旷处, 漏斗和挡板诱捕器用铁丝悬挂于 2 株树木之间, 诱捕器悬挂位置与两端树干距离大于 1 m, 诱捕器昆虫收集杯距离地

面 30 cm 左右, 马氏诱捕器安放在地面, 诱捕器间的距离大于 30 m。样本收集杯中放入饱和盐水, 防止标本腐烂, 并滴入少许无味洗涤剂, 降低水表面张力, 利于标本沉入收集杯底。

于 2013 年 5 月中旬在试验地布设诱捕器阵列, 9 月下旬回收诱捕器, 诱捕器布设时间涵盖天牛科昆虫成虫飞翔期。每隔 1~2 个星期检查 1 次, 并回收每个诱捕器收集杯内诱集到的所有昆虫标本, 分别放置于样品袋内, 进行编号后带回实验室。

1.4 标本分类和鉴定

在实验室内, 分类计数所有采集到的天牛科昆虫标本, 编号后制成针插标本, 利用有关天牛图鉴(陈世骧等, 1959; 蒲富基, 1980; 蒋书楠等, 1985; 蒋书楠和陈力, 2001; 高文韬等, 2005, 2009, 2011, 2012, 2014; 大林延夫和新里達也, 2007; 孟庆繁和高文韬, 2008) 将其鉴定到种, 并请有关专家复查确认标本鉴定的准确性。剩余标本置于冰柜保存。所有标本作为存证标本收藏于北华大学林学院昆虫标本室内。

1.5 数据统计方法

不同诱捕器类型对天牛科昆虫诱集活性的差异使用 Cochran Q 检验 (Zar, 1998) 进行检验。

Q 值公式为:

$$Q = (a-1) \left[\frac{\sum_{i=1}^a G_i^2 - \left(\sum_{i=1}^a G_i \right)^2 / a}{\sum_{j=1}^b B_j - \sum_{j=1}^b B_j^2 / a} \right] \quad (1)$$

式中: a 为处理的水平数, b 为区组数, (1) 为第 i 个处理水平组中“1”的个数和, (1) 为第 j 个区组中“1”的个数和。在该研究中“1”表示诱捕器中至少诱集到了某种天牛的 1 个个体。此研究中显著性水平 $\alpha=0.05$; 共 3 个诱捕器处理水平, 故 $a=3$; 每个处理水平有 10 个诱捕器, 即 10 个区组, 故 $b=10$ 。若实测值与期望值差异显著 ($P<0.05$), 表示诱捕器处理对天牛物种

诱集活性的差异产生了显著影响; 反之则表示诱捕器处理对天牛物种诱集活性的差异没有显著影响。

物种相似性的计算使用 Sorenson 指数 (C_s)。

Sorenson 指数公式为: $C_s = 2j/(a+b)$ 。

式中: j 为两个诱捕器类型共有种数; a 、 b 分别为两个诱捕器类型的物种数。该指数值越大 (趋近于 1) 说明种间相似性程度就越高。

不同诱捕器类型对天牛科昆虫的诱集效率图用 Word (Version 2007) 绘制。

2 结果与分析

共诱集到天牛科昆虫 422 头, 隶属于 5 亚科、21 属、25 种。3 个诱捕器类型诱集到的共有种为 10 种。以天牛亚科 (8 属、11 种)、沟胫天牛亚科 (6 属、7 种) 和花天牛亚科 (5 属、5 种) 的种类最为丰富、多度最高。

2.1 诱捕器类型诱集各天牛物种效率和相似性程度的比较分析

不同诱捕器类型对天牛科昆虫物种的诱集效率和相似性程度见表 1。

从表 1 可以看出, 诱捕器类型除了对曲纹花天牛 ($F=5.40$, $P=0.0106$) 和栎丽虎天牛 ($F=1.03$, $P=0.3704>\alpha=0.05$) 的诱集效率上有显著影响外, 对其它天牛物种的诱集效率差异不显著。

从诱集到的天牛科昆虫平均物种数、平均个体数来看, 诱捕器类型的诱集效率也未表现出显著的差异。但各诱捕器诱集到的天牛物种的组成存在差异, 漏斗诱捕器共诱集到天牛 4 亚科 11 属 12 种; 挡板诱捕器共诱集到 5 亚科 15 属 17 种; 马氏诱捕器共诱集到 4 亚科 16 属 18 种。漏斗诱捕器诱集个体数量最多, 种数最少; 马氏诱捕器诱集个数最少, 种数最多。

各诱捕器类型诱集到的沟胫天牛亚科的物种相似性平均为 56.1%, 其中, 漏斗诱捕器和挡板诱捕器的诱集到的物种相似性最高, 为 66.7%; 诱集到的花天牛亚科的物种相似性平均程度为 72.6%, 其中, 漏斗诱捕器和马氏诱捕器的物种相似性最高, 达到 85.7%; 诱集到的天牛

表 1 2013 年不同诱捕器类型诱集天牛科昆虫的样本数量和相似性指数

Table 1 Number of specimens of longhorn beetles (Cerambycidae) and Sorenson index collected by different trap types in 2013

亚科 Subfamily	物种 Species	诱捕器类型 Trap type			总计 Total	Q	P	共有种 (相似性指数) Number of species shared (Sorenson index)		
		漏斗 Funnel	挡板 Intercept	马氏 Malaise				漏斗、挡板 Funnel, Intercept	漏斗、马氏 Funnel, Malaise	挡板、马氏 Intercept, Malaise
沟胫天牛亚科 Lamiinae								2 (0.667)	2 (0.571)	2 (0.444)
	交让木锦天牛 <i>Acalolepta fraudatrix</i> (Bates)	0	1	0	1	—	—			
	柳坡天牛 <i>Pterolophia granulata</i> (Motschulsky)	0	1	0	1	—	—			
	双簇污天牛 <i>Moechotypa diphyis</i> (Pascoe)	69	3	2	74	0.3	NS			
	四点象天牛 <i>Mesosa myops</i> (Dalman)	28	20	10	58	3.5	NS			
	八点楔天牛 <i>Saperda octomaculata</i> Blessig	0	0	1	1	—	—			
	双斑楔天牛 <i>S. subobliterata</i> Pic	0	0	1	1	—	—			
	金绿直脊天牛 <i>Eutetrappa metallescens</i> (Motschulsky)	0	0	1	1	—	—			
花天牛亚科 Lepturinae								2 (0.571)	3 (0.857)	3 (0.750)
	曲纹花天牛* <i>Leptura annularis</i> Fabricius	4	0	8	12	8	0.018			
	东北脊花天牛 <i>Stenocorus amurensis</i> (Kraatz)	0	1	0	1	—	—			
	凹缘金花天牛 <i>Gaurotes ussuriensis</i> Blessig	1	4	1	6	—	—			
	异色蜓尾花天牛 <i>Macroleptura thoracica</i> (Creuzer)	4	4	1	9	—	—			
	蓝突肩花天牛 <i>Anoploderomorpha cyanea</i> (Gebler)	0	2	2	4	—	—			
锯天牛亚科 Prioninae								1 (1)	1 (1)	1 (1)
	锯天牛 <i>Prionus insularis</i> Motschulsky	1	3	6	10	2	NS			
天牛亚科 Cerambycinae								5 (0.769)	5 (0.714)	5 (0.667)
	赤天牛 <i>Oupyrrhodium cinnabarinum</i> (Blessig)	0	0	1	1	—	—			
	葡萄棍腿天牛 <i>Phymatodes maaki</i> (Kraatz)	0	1	0	1	—	—			
	桦脊虎天牛 <i>Xylotrechus clarinus</i> Bates	5	7	8	20	3	NS			
	冷杉脊虎天牛 <i>X. cuneipennis</i> (Kraatz)	3	2	1	6	—	—			

续表 1 (Table 1 continued)										
亚科 Subfamily	物种 Species	诱捕器类型 Trap type			总计 Total	Q	P	共有种 (相似性指数) Number of species shared (Sorenson index)		
		漏斗 Funnel	挡板 Intercept	马氏 Malaise				漏斗、挡板、马氏 Funnel, Intercept, Malaise		
								漏斗、挡板 Funnel, Intercept	漏斗、马氏 Funnel, Malaise	挡板、马氏 Intercept, Malaise
	葡萄脊虎天牛 <i>X. pyrrhoderus</i> Bates	0	1	0	1	—	—			
	栎丽虎天牛* <i>Plagionotus pulcher</i> (Blessig)	66	80	49	195	18	0.0001			
	刺槐绿虎天牛 <i>Chlorophorus diadema</i> (Motschulsky)	0	0	2	2	—	—			
	杨柳绿虎天牛 <i>C. latofasciatus</i> (Ganglbauer)	1	0	0	1	—	—			
	黄纹曲虎天牛 <i>Cyrtoclytus capra</i> (Germar)	4	2	3	9	—	—			
	棍腿纹虎天牛 <i>Anaglyptus colobotheoides</i> (Bates)	3	1	1	5	—	—			
	红翅肖亚天牛 <i>Amarysius sanguinipennis</i> (Blessig)	0	0	1	1	—	—			
椎天牛亚科 Spondylinae								0 (0)	0 (0)	0 (0)
	脊鞘幽天牛 <i>Asemum striatum</i> (Linnaeus)	0	1	0	1	—	—			
物种数 Number of species detected		12	17	18	25	0.16	NS			
个体数 Number of species captured		189	134	99	422	1.43	NS			

“*”表示诱捕器类型对该天牛物种诱集效率有显著差异；对于只含有 10 个以下样本的天牛物种不进行分析；“NS”表示诱捕器类型对该天牛物种诱集活性差异不显著。
“*” indicates significant difference among trap types; no analysis when total catch of fewer than ten specimens; “NS” indicates no significant difference among trap types.

亚科的物种相似性平均程度为 71.7%，其中，漏斗诱捕器和挡板诱捕器的物种相似性程度最高，达到 76.9%；3 种类型的诱捕器均诱集到了锯天牛亚科的锯天牛，而只有挡板诱捕器诱集到椎天牛亚科中的脊鞘幽天牛一个物种。可见，除锯天牛亚科和椎天牛亚科以外，漏斗诱捕器和马氏诱捕器诱集到的花天牛亚科的物种相似性程度是最高的；而挡板诱捕器和马氏诱捕器诱集到的沟胫天牛亚科的物种相似性程度是最低的为 44.4%，但其也接近 50%。

2.2 诱捕器类型对天牛科昆虫的诱集效率分析

不同诱捕器类型诱集天牛科昆虫物种效率对比见图 1。

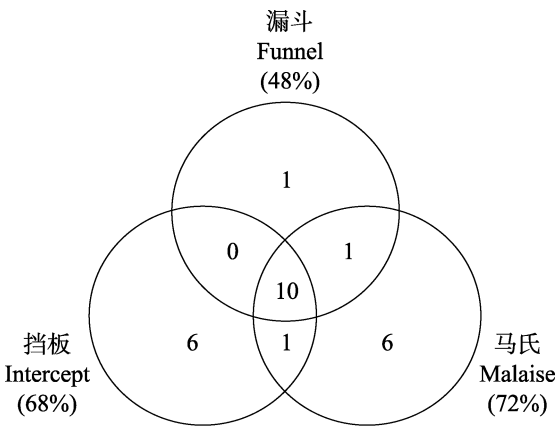


图 1 漏斗、挡板和马氏诱捕器诱集天牛科昆虫物种效率的对比图
Fig. 1 The comparison diagram of longhorn beetles (Cerambycidae) detected by funnel, intercept and Malaise three different trap types

由图 1 可知,不同诱捕器类型对天牛科昆虫的诱集效率差异显著。与挡板和马氏诱捕器相比,漏斗诱捕器诱集天牛科昆虫物种的效率都较低,占挡板诱捕器诱集效率的 70%、占马氏诱捕器诱集效率的 66%;挡板诱捕器对天牛科昆虫物种的诱集效率略低于马氏诱捕器,占马氏诱捕器诱集效率的 95%;而马氏诱捕器的诱集效率是 3 种诱捕器类型中最高的。单独使用漏斗诱捕器只能诱集到 48%的天牛物种,漏采 52%的天牛物种;只使用挡板诱捕器能诱集到 68%的天牛物种,漏采 32%的天牛物种;只使用马氏诱捕器可诱集到 72%的天牛物种,仅漏采 28%的天牛物种;若使用漏斗和挡板诱捕器或漏斗和马氏诱捕器两种诱捕器均可诱集到 76%的物种;而若使用挡板诱捕器和马氏诱捕器则可以诱集到 96%的物种。从诱集的种类看,本研究中诱集效率的顺序为:马氏诱捕器>挡板诱捕器>漏斗诱捕器。

但从诱集的个体数量看,诱集效率的顺序与诱集的种类恰恰相反,为:漏斗诱捕器>挡板诱捕器>马氏诱捕器。而对于诱集数量最多的栎丽虎天牛、双簇污天牛和四点象天牛这 3 个优势物种来说,漏斗诱捕器共诱集 163 个天牛,远大于挡板诱捕器诱集到的 103 个和马氏诱捕器诱集的 61 个天牛个体。可见,在优势物种的诱集方面,本研究中诱集效率的顺序为:漏斗诱捕器>挡板诱捕器>马氏诱捕器。

3 讨论

根据本次调查结果,3 种不同类型诱捕器诱集的天牛亚科、沟胫天牛亚科和花天牛亚科的种类是最丰富、多度最高。因此,为了提高调查效率、降低调查成本,在调查天牛亚科物种多样性或天牛亚科害虫时,应优先选择挡板诱捕器;在调查沟胫天牛亚科及监测其有害虫类时,应优先选择漏斗诱捕器;在调查花天牛亚科时,应优先选择马氏诱捕器,同时应考虑两种或两种以上的诱捕器联合使用以提高调查效率。但考虑到马氏诱捕器的成本是漏斗和挡板诱捕器的 10 倍以上,所以从成本和效率的综合因素考虑,在一般

性天牛科昆虫调查和种群监测时,可以选择以联合使用挡板和漏斗诱捕器为主,马氏诱捕器辅之的调查设计,可达到高效且经济的调查天牛科昆虫的目的。

参考文献 (References)

- Bouget C, Brustel H, Brin A, Noblecourt T, 2008. Sampling saproxylic beetles with window flight traps: methodological insights. *Rev. Écol. (Terre Vie)*, 63(2): 13–24.
- Campbell JW, Hanula JL, 2007. Efficiency of Malaise traps and colored pan traps for collecting flower visiting insects from three forested ecosystems. *J. Insect Conserv.*, 11(4): 399–408.
- Cervantes DE, Hanks LM, Lacey ES, Barbour JD, 2006. First documentation of a volatile sex pheromone in a longhorned beetle (Coleoptera: Cerambycidae) of the primitive subfamily Prioninae. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 99(4): 718–722.
- Chen SX, Xie YZ, Deng GF, 1959. Economic Insect Fauna of China (1). Beijing: Science Publishing Company. 33–66. [陈世骧, 谢蕴贞, 邓国藩, 1959. 中国经济昆虫志(1). 北京: 科学出版社. 33–66.]
- Dalin YF, Xinli DY, 2007. Longicorn Beetles of Japan. Tokyo: Tokai University Press. 1–880. [大林延夫, 新里達也, 2007. 日本天牛志. 东京: 东海大学出版会.]
- Gao WT, Meng QF, Zheng XB, Zhang YC, Li Y, 2005. Fauna of flower-visiting longicorn beetles in north slope of Changbai Mountain. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(6): 691–695. [高文韬, 孟庆繁, 郑兴波, 张彦焯, 李燕, 2005. 长白山北坡访花天牛区系研究. 昆虫知识, 42(6): 691–695.]
- Gao WT, Meng QF, Li Y, Wang XD, 2009. Two New Record Species of Lepturinae in China (Coleoptera: Cerambycidae). *Journal of Northeast Forestry University*, 37(9): 120–121. [高文韬, 孟庆繁, 李燕, 王旭东, 2009. 花天牛亚科二中国新记录种记述(鞘翅目: 天牛科). 东北林业大学学报, 37(9): 120–121.]
- Gao WT, Meng QF, Yan MZ, 2011. A new species and a new record genus *Munamizoa* in Lepturinae (Coleoptera, Cerambycidae) from China. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 36(2): 400–403. [高文韬, 孟庆繁, 阎明真, 2011. 中国花天牛亚科一新纪录属及一新种记述(鞘翅目, 天牛科). 动物分类学报, 36(2): 400–403.]
- Gao WT, Meng QF, Li Y, Chen YB, 2012. Two new record species of Cerambycidae in China (Coleoptera). *Acta Zootaxonomica Sinica*, 37(2): 444–446. [高文韬, 孟庆繁, 李燕, 陈玉宝, 2012. 天牛科中国二新纪录种记述(鞘翅目). 动物分类学报, 37(2): 444–446.]
- Gao WT, Chen YB, Meng WF, 2014. Faunal composition and

- vertical distribution characteristics of Cerambycidae in Changbai Mountain reserve. *Scientia Silvae Sinicae*, 50(9): 89–96. [高文韬, 陈玉宝, 孟庆繁, 2014. 长白山自然保护区天牛科昆虫区系及其垂直分布特点. 林业科学, 50(9): 89–96.]
- Hanks LM, Millar JG, 2012. Field bioassays of cerambycid pheromones reveal widespread parsimony of pheromone structures, enhancement by host plant volatiles, and antagonism by components from heterospecifics. *Chemoecology*, 23(1): 21–34.
- Holland JD, 2006. Cerambycidae larval host condition predicts trap efficiency. *Environ. Entomol.*, 35(6): 1647–1653.
- Hua LZ, Nara H, Saemulson GA, Langafelter SW, 2009. Iconography of Chinese Longicorn Beetles (1406 Species) in Color. Beijing: Sun Yat-sen University Press. 1–474. [华立中, 奈良一, G.A. 塞缪尔森, S.W. 林格费尔特, 2009. 中国天牛 (1406 种) 彩色图鉴. 北京: 中山大学出版社. 1–474.]
- Huang JH, Zhou SY, 2003. Study on Cerambycidae (Coleoptera: Polyphaga) diversity in Maoershan, Guangxi. *Journal of Guangxi Normal University (Natural Science Edition)*, 21(3): 82–86. [黄建华, 周善义, 2003. 广西猫儿山天牛科昆虫多样性研究. 广西师范大学学报, 21(3): 82–86.]
- Ji BZ, Wei Y, Huang ZY, 2002. Present situations and prospects of researches on adult's behavior of longicorn beetles. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition)*, 26(2): 79–83. [嵇保中, 魏勇, 黄振裕, 2002. 天牛成虫行为研究的现状与展望. 南京林业大学学报(自然科学版), 26(2): 79–83.]
- Jiang SN, Pu FJ, Hua LZ, 1985. Economic Insect Fauna of China (35). Beijing: Science Publishing Company. 25–94. [蒋书楠, 蒲富基, 华立中, 1985. 中国经济昆虫志(35). 北京: 科学出版社. 25–94.]
- Jiang SN, Chen L, 2001. Animal Fauna of China: Insect (21). Beijing: Science Publishing Company. 1–223. [蒋书楠, 陈力, 2001. 中国动物志: 昆虫纲(21). 北京: 科学出版社. 1–223.]
- Jiang WJ, Ji BZ, Liu SW, Song J, 2005. Advances in the studies on semiochemicals and olfactory receptor mechanism in adults of cerambycid beetles. *Acta Entomologica Sinica*, 48(3): 427–436. [江望锦, 嵇保中, 刘曙雯, 宋杰, 2005. 天牛成虫信息素及嗅觉感受机制研究进展. 昆虫学报, 48(3): 427–436.]
- Lacey ES, Moreira JA, Millar JG, Ray AM, Hanks LM, 2007. Male-produced aggregation pheromone of the longhorned beetle *Neoclytus mucronatus mucronatus*. *Entomol. Exp. Appl.*, 122(2): 171–179.
- Lawrence JF, 1982. Synopsis and Classification of Living Organisms, vol 2. USA, New York: McGraw Hill. 482–533.
- Meng QF, Gao WT, 2008. Flower-visiting Beetles in Changbai Mountain National Nature Reserve. Beijing: China Forestry Publishing House. 1–110. [孟庆繁, 高文韬, 2008. 长白山访花甲虫. 北京: 中国林业出版社. 1–110.]
- Pu FJ, 1980. Economic Insect Fauna of China (19). Beijing: Science Publishing Company. 14–64. [蒲富基, 1980. 中国经济昆虫志(19). 北京: 科学出版社. 14–64.]
- Ray AM, Žunič A, Alten RL, Mcelfresh JS, Hanks LM, Millar JG, 2011. Cis-Vaccenyl acetate, a female-produced sex pheromone component of *Ortholeptura valida*, a long-horned beetle in the subfamily Lepturinae. *J. Chem. Ecol.*, 37(2): 173–178.
- Schneider D, 1964. Insect antennae. *Annu. Rev. Entomol.*, 9: 103–122.
- Silk PJ, Sweeney J, Wu J, Price J, Gutowski JM, Kettela E, 2007. Evidence for a male produced pheromone in *Tetropium fuscum* (F.) and *Tetropium cinnamopterum* (Kirby) (Coleoptera: Cerambycidae). *Naturwissenschaften*, 94(8): 697–701.
- Sweeney JD, Silk PJ, Gutowski JM, Wu J, Lemay MA, Mayo PD, Magee DI, 2010. Effect of chirality, release rate, and host volatiles on response of *Tetropium fuscum* (F.), *Tetropium cinnamopterum* (Kirby), and *Tetropium castaneum* (L.) (Coleoptera: Cerambycidae) to the aggregation pheromone, fuscumol. *J. Chem. Ecol.*, 36(12): 1309–1321.
- Wang ZY, Lu YJ, 2006. Evaluation of effects of several kinds of traps on stored grain pests. *Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition)*, 27(1): 36–38. [王争艳, 鲁玉杰, 2006. 几种诱捕器对储粮害虫诱捕效果的评价. 河南工业大学学报(自然科学版), 27(1): 36–38.]
- Zar JH, 1998. Biostatistical Analysis. America: Prentice Hall. 268–270.
- Zhang A, Oliver JE, Aldrich JR, Wang GB, Mastro VC, 2002. Stimulatory beetle volatiles for the Asian longhorned beetle, *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky). *Z. Naturforsch. (C) J. Biosci.*, 57(5/6): 553–558.