

doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2016.06.27

东江林场 20 个乡土阔叶树种拟木蠹蛾为害调查

陈耀辉¹, 赵志刚^{2*}, 许伟兵¹, 王春胜², 郭俊杰², 李宝彬¹, 黎新宇¹, 曾杰²

(1. 广东省国营东江林场, 广东紫金 517465; 2. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广州 510520)

摘要: 拟木蠹蛾 *Arbela* spp. 是华南地区严重影响人工林质量和稳定性的一类钻蛀害虫。本研究以广东省东江林场 20 个乡土阔叶树种人工幼林为研究对象, 调查分析拟木蠹蛾对不同树种的为害状况及其与林木生长的关系。结果表明: 7 a 生时共有 5 个树种受到拟木蠹蛾为害, 分别为西南桦 *Betula alnoides*、海南红豆 *Ormosia pinnata*、山杜英 *Elaeocarpus sylvestris*、翻白叶 *Potentilla fulgens* 和楝叶吴茱萸 *Evodia glabrifolia*, 8 a 生时新增 1 个受害树种——秋枫 *Bischofia javanica*; 受害树种生长表现和感虫情况均差异显著 ($P < 0.05$), 但种内感虫个体生长表现与未感虫个体差异不显著 ($P > 0.05$); 这些受害树种的虫口高度分布范围不同, 生长较快的翻白叶和西南桦, 其虫口主要分布在树冠以下, 生长速度中等的海南红豆和山杜英的虫口分别集中在树冠下缘附近和树冠下缘上部, 生长较慢的楝叶吴茱萸和秋枫的虫口则分别多在树冠下缘附近及其下部和树冠下缘及其上部, 据此初步提出以枝下高作为主要参考指标分析其虫口高度分布特征。研究结果补充完善了拟木蠹蛾发生规律和为害特征方面的资料, 且为该区域营建混交林的树种选择提供参考。

关键词: 蛀干害虫; 拟木蠹蛾; 为害特征; 树种选择

中图分类号: Q968.1; S753.51

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2016) 06-1269-05

Investigation on attack of *Arbela* spp. to 20 indigenous broad-leaved tree species in Dongjiang Forest Farm, Guangdong Province

CHEN Yao-Hui¹, ZHAO Zhi-Gang^{2*}, XU Wei-Bing¹, WANG Chun-Sheng², GUO Jun-Jie², LI Bao-Bing¹, LI Xin-Yu¹, ZENG Jie² (1. Dongjiang State Forest Farm, Zijin 517465, Guangdong Province, China; 2. Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, China)

Abstract: *Arbela* spp. is a kind of trunk borer influencing severely plantation quality and stability in South China. Attacks of *Arbela* spp. in young plantation of 20 indigenous broad-leaved tree species were investigated, and relationship between damage and tree growth were analyzed in Dongjiang State Forest Farm, Guangdong Province. The results showed that 5 tree species including *Betula alnoides*, *Ormosia pinnata*, *Elaeocarpus sylvestris*, *Potentilla fulgens*, *Evodia glabrifolia*, were damaged by *Arbela* spp. when 7 years old, while one more species, *Bischofia javanica* was damaged when 8 years old. There were significant differences of growth performance ($P < 0.05$) among these 6 tree species, while growth performance did not differ remarkably between damaged and non-damaged individuals ($P > 0.05$). Height distribution of borer attacks were different among these tree species, borer attacks mostly occurred under crown for fast-growing tree species such as *B. alnoides* and *P. fulgens*; the borer concentrated in the lower edge of canopy for medium-growing tree species like *O. pinnata*; and the borers occurred in upper part of the lower canopy edge for *E. sylvestris*, and under or in upper part of the lower canopy edge for two slow-

基金项目: 国家“十二五”科技支撑专题 (2012BAD21B0102)

作者简介: 陈耀辉, 男, 1971 年生, 广东河源人, 工程师, 主要从事林业生产管理和科技推广工作, E-mail: chyh4656@126.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: zhaozhigang1979@126.com

收稿日期 Received: 2015-11-09; 接受日期 Accepted: 2016-08-15

growing tree species *E. glabrifolia* and *B. javanica* respectively. Therefore, height under branch could be the main reference index to analyze borer height distribution on tree. The results complement the information about *Arbela* spp. occurrence and damage characteristic, and provide some evidences for tree species selection in establishment of mixed plantation.

Key words: Borer; *Arbela* spp.; damage characteristic; tree species selection

林木钻蛀类害虫对人工林的质量和稳定性影响最为严重,是人工林病虫害防控的难点 (Kovacs *et al.*, 2010)。拟木蠹蛾类昆虫是为害南方阔叶树种的主要蛀干害虫之一,常见种主要为相思拟木蠹蛾 *Arbela baibarana* Matsumura 和荔枝拟木蠹蛾 *Arbela dea* Swinhoe, 常混合发生且为害特征相似 (曹书阁等, 2012)。拟木蠹蛾在华南地区寄主植物广泛,可为害多种用材林、经济林和园林绿化树种,如木麻黄 *Casuarina* spp.、相思 *cacia* spp.、西南桦 *Betula alnoides*、油茶 *Camellia oleifera*、龙眼 *Dimocarpus longan* 和荔枝 *Litchi chinensis* 等 (黄金塔, 2010; 王春胜等, 2012; 邹军等, 2013; 黄志平等, 2014)。拟木蠹蛾的虫口位置主要在树干和枝的结合部位以及枝干伤痕等处 (王春胜等, 2012; 黄志平等, 2014), 可导致林木长势衰弱, 抗风和抗压能力下降, 易造成风折断顶。因此, 拟木蠹蛾是林业及园林上的一类重点防治害虫。

对于大面积人工林而言, 由于钻蛀类害虫为害隐蔽, 加之林分周边的寄主植物和虫源等因素影响, 采取化学防治和生物防治等方式很难控制其种群数量和扩散路径, 需要加强防治的频率、强度和范围, 这不仅操作难度大, 也会增加管理成本和环境污染风险等问题 (Kovacs *et al.*, 2010; 梁军等, 2012)。近年来华南地区乡土阔叶树种的人工种植发展迅速, 调查发现多地人工林均发生不同程度的拟木蠹蛾为害, 拟木蠹蛾为害已成为制约西南桦等易感树种大规模推广的主要限制因素 (王春胜等, 2012)。混交林是提高生产力和预防病虫害的常用模式 (张星耀等, 2012), 关键在于调整树种组成和空间结构 (Pérez - Salicrup & Esquivel, 2008)。对于特定的目的树种, 在选择混交树种时, 首要关注的即为规避具有相同病虫害的树种。因此, 本文以广东省东江林场 20 个乡土阔叶树种人工幼林为研究对象, 重点分析这些树种拟木蠹蛾为害状况及其与林木生长间的关系, 为合理选择混交树种、确定适宜经营措施提供科技支撑, 从而促进人工林的健康可持续经营。

1 材料与方法

1.1 试验林概况

试验地位于广东省河源市紫金县古竹镇广东省国营东江林场七寨林班 17 小班 (东经 23°25'02", 北纬 114°40'03"), 属南亚热带季风气候, 年均气温 21℃, 年均降雨量 1600 mm。海拔为 140 m, 土壤为赤红壤, 由花岗岩发育而成, 土壤肥力偏低, 土层较薄, 持水能力低。

试验林于 2007 年 4 月营造, 株行距为 3 m × 2.5 m, 采用随机区组试验设计, 每个小区 6 列, 每列 20 株, 3 次重复, 保存率平均为 90%。参试树种为 20 个常见用材和绿化树种, 具体包括红锥 *Castanopsis hystrix*、荷木 *Schima superba*、黧蒴 *Castanopsis fissa*、枫香 *Liquidambar formosana*、山桂花 *Paramichelia baillonii*、西南桦、樟树 *Cinnamomum camphora*、海南红豆 *Ormosia pinnata*、山杜英 *Elaeocarpus sylvestris*、翻白叶 *Potentilla fulgens*、楝叶吴茱萸 *Evodia glabrifolia*、秋枫 *Bischofia javanica*、阴香 *Cinnamomum burmannii*、火力楠 *Mechelia macclurei*、格木 *Erythrophleum fordii*、红花荷 *Rhodoleia champion*、深山含笑 *Michelia maudiae*、南酸枣 *Choerospondias axillaris*、青冈 *Cyclobalanopsis jenseniana* 和麻楝 *Chukrasia tabularia*。

1.2 生长观测与虫害调查

于 2014 年初对试验林进行虫害调查, 具体指标包括感虫株数、感虫木的虫口数量和虫口高度。2015 年初对试验林虫害状况进行跟踪调查, 并增加林木生长观测, 每个小区随机选择 30 株, 每个树种共测定 90 株, 测定其树高、胸径、枝下高和冠幅。

本文所述的虫口为当年新增虫口, 根据坑道外面有无紫黑色颗粒状虫粪或其周围树皮因受损而产生颜色差异予以判断, 当年新增虫口外有虫粪或虫口周围树皮有新鲜的为害症状 (王春胜等, 2012)。

1.3 数据分析

采用 SPSS 13.0 软件进行方差分析、t 检验和多重比较 (Duncan 法, $P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 树种受害程度分析

根据 2014 年的调查结果, 在 20 个树种中有 5 个树种遭受拟木蠹蛾为害, 分别为海南红豆、山杜英、翻白叶、楝叶吴茱萸和西南桦。2015 年新增一个受害树种——秋枫 (图 1)。其余树种如阴香、樟树、火力楠、山桂花、深山含笑、鬘菊、红锥、青冈、荷木、红花荷、格木、枫香、南酸枣和麻楝等两个年度均未发现拟木蠹蛾为害。

两个年度均受害的 5 个树种, 其 2014 和 2015 年的平均感虫率分别为 12.53% 和 16.08%; 以西南桦和楝叶吴茱萸感虫率最高, 其年度均值

分别为 22.92% 和 20.00%, 其余树种均约 13% (图 1)。比较 5 个受害树种的感虫率的年度间变化, 其中翻白叶、楝叶吴茱萸和西南桦的感虫率上升, 海南红豆和山杜英略有下降 (图 1)。两个年度受害单株平均虫口数分别为 2.30 个和 2.49 个; 各树种年度间差异较大, 除山杜英单株虫口数显著上升外, 其余均下降, 但是仅楝叶吴茱萸达到显著水平 (图 1)。

2.2 树种受害状况与林木生长的关系

受害树种的胸径、树高、枝下高、冠幅均差异显著 ($P < 0.05$), 从生长指标来看, 翻白叶、山杜英和西南桦表现较好, 秋枫和楝叶吴茱萸生长较差 (表 1), 结合受害情况与生长指标分析可知, 各树种的受害情况与生长表现无对应关系, 而且同一树种感虫个体与未感虫个体间生长表现差异不显著 ($P > 0.05$), 说明拟木蠹蛾为害目标的选择与林木的生长表现无直接关系。

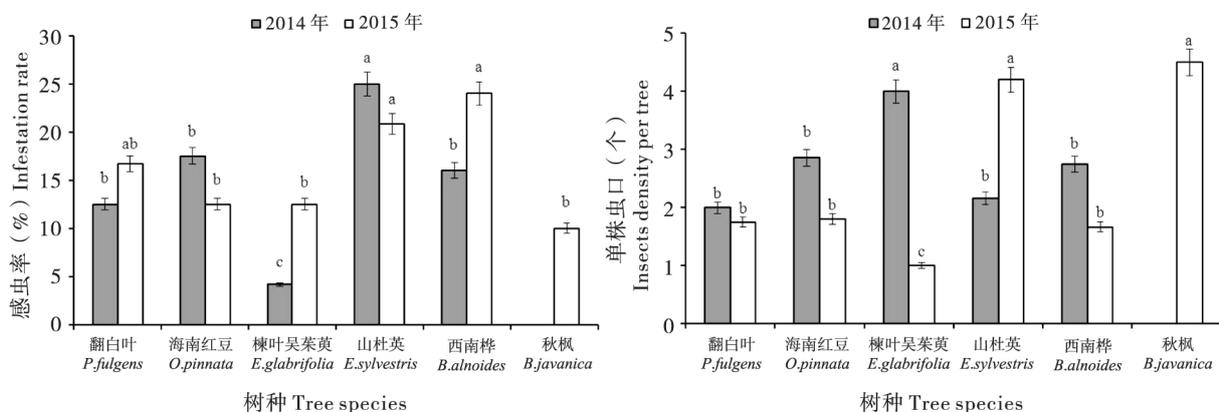


图 1 受害树种的拟木蠹蛾为害状况

Fig. 1 Damaged tree species and their attack status by *Arbela* spp.

表 1 受害树种感虫木与未感虫木的生长比较

Table 1 Comparison of growth performance between trees with and without attack by *Arbela* spp. in damaged species

树种 Tree species	胸径 (cm) DBH	树高 (m) Height	枝下高 (m) Height under branch	冠幅 (m) Crown diameter
海南红豆 <i>Ormosia pinnata</i>	感虫树 Infected tree	10.71 ± 2.49	6.76 ± 0.76	2.03 ± 0.55
	未感虫树 No-infected tree	10.86 ± 2.29	6.32 ± 0.97	1.70 ± 0.34
	总体 Total	10.78 ± 2.30 b	6.58 ± 0.84 d	1.89 ± 0.48 b
翻白叶 <i>Potentilla fulgens</i>	感虫树 Infected tree	12.25 ± 1.75	11.38 ± 1.31	6.23 ± 0.78
	未感虫树 No-infected tree	11.43 ± 0.34	11.18 ± 0.29	6.03 ± 1.91
	总体 Total	11.84 ± 1.25 ab	11.28 ± 0.88 a	6.13 ± 1.35 a

续上表

	树种 Tree species	胸径 (cm) DBH	树高 (m) Height	枝下高 (m) Height under branch	冠幅 (m) Crown diameter
山杜英 <i>Elaeocarpus sylvestris</i>	感虫树 Infected tree	12.70 ± 1.54	7.07 ± 0.68	2.13 ± 0.25	3.30 ± 0.44
	未感虫树 No-infected tree	12.98 ± 1.73	8.14 ± 1.06	2.08 ± 0.18	3.66 ± 0.91
	总体 Total	12.88 ± 1.55 a	7.74 ± 1.04 c	2.10 ± 0.19 b	3.53 ± 0.75 a
楝叶吴茱萸 <i>Evodia glabrifolia</i>	感虫树 Infected tree	6.00 ± 0.28	4.75 ± 0.64	2.55 ± 0.35	1.60 ± 0.71
	未感虫树 No-infected tree	5.63 ± 1.16	4.57 ± 0.60	1.83 ± 0.35	1.80 ± 0.30
	总体 Total	5.78 ± 0.86 c	4.64 ± 0.54 e	2.12 ± 0.50 b	1.72 ± 0.43 b
秋枫 <i>Bischofia javanica</i>	感虫树 Infected tree	8.20 ± 1.27	5.40 ± 0.68	2.00 ± 0.25	2.00 ± 0.74
	未感虫树 No-infected tree	5.75 ± 0.64	4.45 ± 0.92	2.00 ± 1.27	2.05 ± 0.64
	总体 Total	6.57 ± 1.48 c	4.77 ± 0.85 e	2.00 ± 0.90 b	2.03 ± 0.45 b
西南桦 <i>Betula alnoides</i>	感虫树 Infected tree	10.72 ± 1.27	9.12 ± 0.94	6.73 ± 0.41	1.70 ± 0.31
	未感虫树 No-infected tree	11.41 ± 1.72	9.80 ± 1.14	6.86 ± 0.54	2.17 ± 1.47
	总体 Total	11.05 ± 1.51 ab	9.45 ± 1.08 b	6.79 ± 0.47 a	1.92 ± 1.05 b

注: 表中数据为平均数 ± 标准误, 同行数据后不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$, LSD 法)。下表同。Note: Data are mean ± SD, different letters in the same row indicate significant difference ($P < 0.05$, LSD). The same table below.

2.3 虫口高度分布与自然整枝高度的相关性

从自然整枝高度来看, 受拟木蠹蛾为害的 6 个树种中, 西南桦和翻白叶的活枝下高均在 6 m 以上 (表 1), 分别占总高度的 72% 和 58%, 自然整枝能力较强; 其余 4 个树种活枝下高均值约 2 m (表 1), 但占总高度的比例差异较大, 楝叶吴茱萸和秋枫分别为 46% 和 42%, 自然整枝能力中等, 而海南红豆和山杜英仅为 29% 和 27%, 整枝能力较差 (表 1)。

生长较快的树种如翻白叶和西南桦, 平均树高分别达 11.28 m 和 9.80 m, 其虫口主要分布在树冠以下, 翻白叶的虫口集中在 4–6 m 区段内, 西南桦的虫口高度范围较大, 分布在 2–7 m 范围内 (图 2), 但二者在 4–5 m 区段合计虫口数分别为 72% 和 75%。海南红豆树体上的虫口多位于树冠下缘, 枝下高附近 2 m 范围内的虫口占总体的 66%, 山杜英树高和枝下高均与海南红豆接近, 但其虫口多在树冠下缘上部 (图 2), 其上 3 m 区段内 (3–5 m) 虫口数量占总体的 67%。楝叶吴茱萸的虫口多在树冠下缘及其下部, 秋枫的虫口则主要在树冠下缘附近上部, 其附近 2 m 区段内虫口数量占总体的 85%。枝下高是反映自然整枝能力和枝条分布的重要参考指标, 虫口的高度分布受其侵染部位的影响因而与枝条的分布关系密

切, 综合来看, 枝下高在分析拟木蠹蛾高度分布及其为害特征方面具有重要的指示作用。

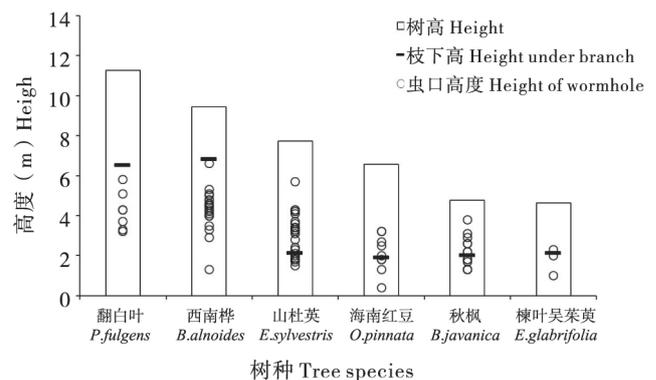


图 2 虫口在树干上的高度分布

Fig. 2 Height distribution of borer damages on stems

3 结论与讨论

蛀干害虫一般可为害多个树种, 其取食或为害的选择机制比较复杂 (王健敏等, 2010)。曹书阁等 (2012) 对广西中部地区绿化树种的调查显示, 122 个树种中受拟木蠹蛾为害的树种高达 45 种, 成灾或局部成灾的达 39 种。本研究调查的 20 个树种中, 海南红豆、山杜英、翻白叶、楝叶

吴茱萸和西南桦在连续两年的调查中均发现拟木蠹蛾为害, 而秋枫在 2015 年调查时发现受害。综合来看, 拟木蠹蛾为害树种多且影响大。从生长表现分析, 受害树种间生长表现差异显著, 树种内受害与未受害单株间生长表现差异不显著, 说明各树种的受害程度与其生长表现间无明显关系, 即拟木蠹蛾为害与树种生长速度关系不密切, 因此尚需深入开展拟木蠹蛾发生规律研究以探索其树种、单株选择机制。

关于拟木蠹蛾的虫口高度分布, 曹书阁等 (2012) 粗略按照树体上、中、下部位分析 14 个受害树种的拟木蠹蛾发生状况, 从其研究结果可以发现, 不同树种的虫口集中分布存在明显差异, 但是对于大多数树种而言, 其树体中部的虫口数量高于下部, 上部最少。相思拟木蠹蛾在油茶林 (平均高 3.1 m) 的虫口主要位于树干基部 0.5 - 2 m 范围 (黄志平等, 2014), 在紫薇 *Lagerstroemia indica* (平均高 5.3 m) 和荷花玉兰 *Magnolia grandiflora* (平均高 4.7 m) 树干上的集中分布区分别在 2 - 4 m 和 1 - 3.5 m (刘有莲, 2011)。本研究中拟木蠹蛾虫口也以树体中部分布较多, 下部次之, 上部最少, 其相对集中分布区亦因树种而异 (图 2), 其中, 海南红豆、山杜英、楝叶吴茱萸的虫口多在中部以下, 翻白叶和秋枫集中在树干中部, 西南桦多在中上部。由此可见, 拟木蠹蛾的高度分布比较复杂, 树种间差异较大, 亦可能与林分密度、立地有关。

由于拟木蠹蛾的虫口主要在枝条基部以及枝干伤口等处 (王春胜等, 2012; 黄志平等, 2014), 枝条的分布特征与其为害情况有关, 而且也有研究显示修枝可改变拟木蠹蛾高度分布特征, 使得修枝段的虫口数量较未修枝显著下降, 而其上 1.5 m 左右的虫口数量增加明显 (王春胜等, 2012), 进一步证明了这种观点。因此, 在无工人工干预情况下, 枝下高反映不同树种的天然整枝能力和枝条分布高度特征, 在分析拟木蠹蛾为害特征方面具有重要指示意义。本研究中生长速度快且整枝能力强的树种如翻白叶和西南桦其虫口主要分布在枝下高以下, 其余 4 个受害树种的虫口主要分布在枝下高附近 (图 2), 这主要与拟木蠹蛾的钻蛀部位有关, 亦可能与树种间的枝条密度、枝条宿存及树冠透光特征等方面的差异有关。而同一树种这些指标的差异亦与立地条件关系密切, 以西南桦为例, 其在广西百色 4 a 人工林树高为

9.8 - 11.4 m, 枝下高为 3.0 - 4.3 m, 树高已与本研究中 8 a 生接近, 但其枝下高较后者低约 1 倍, 所以在前者林内拟木蠹蛾多发生在枝下高以上部位 (王春胜等, 2012), 而在本研究林分内, 其多在枝下高以下部位。昆虫的垂直空间分布差异可能与林冠层的光照和温度等环境因子、林冠下层存在较大差异有关, 加之不同树种的枝叶浓密程度不同, 不但影响昆虫的觅食、产卵等行为进而影响种群数量, 甚至影响昆虫在林冠层及其下部的空间分布 (童博和张丹丹, 2012), 因此林冠作为小尺度特殊环境特征在昆虫多样性调查中越来越引起重视, 而且在分析具体虫害发生特征时亦具有重要的指示意义, 就垂直空间分布而言, 枝下高可直接或间接反映林冠结构, 林分特征, 种间关系等, 可作为林冠层对虫害影响分析的主要参考指标。

生产实践表明, 西南桦混交林受拟木蠹蛾的为害程度往往低于其纯林, 其原因可能为林分异质性增加抑制虫害扩散 (盛炜彤, 2001), 也可能与复层林冠结构降低了林内光照强度, 从而降低害虫迁飞, 加之树种间的竞争导致自然整枝能力提高, 减少枝条数量有利于降低危害程度, 另外混交林可能影响植物信息化学物质的组成和浓度, 进而可能影响昆虫的繁殖和寄主选择 (戴建青等, 2010), 因此营建混交林有助于减少虫害发生和降低为害程度。在选择混交树种时应避免选择有共同病虫害的树种, 否则不但不能发挥混交优势, 还有可能造成交叉为害, 导致造林失败, 如木麻黄和相思的混交林内二者受拟木蠹蛾的为害程度均高于木麻黄纯林 (黄金塔, 2010)。本研究涉及 20 个乡土阔叶树种, 初步反映出不同树种在当地的受害程度, 可指导该地区混交林树种选择, 如, 营造西南桦混交林, 可选择未受拟木蠹蛾为害的山茶科、木兰科、樟科、壳斗科树种作为伴生树种。考虑到害虫种群动态和林木生长规律等影响, 有关混交林的拟木蠹蛾为害程度及其抗虫机制尚需长期观察与深入研究。

参考文献 (References)

- Cao SG, Pang ZH, Lin YQ, et al. Investigation on *Arbela dea* Swinhoe and *A. bailbarana* Matsumura damaging to greening trees in middle of Guangxi [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2012, 10: 101 - 104. [曹书阁, 庞正轰, 林艳青, 等. 拟木蠹蛾对广西桂中地区绿化树种危害调查 [J]. *广东农业科学*, 2012, 10: 101 - 104.]

- Dai JQ, Han SC, Du JW. Progress in studies on behavioural effect of semiochemicals of host plant to insects [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2010, 32 (3): 407-414. [戴建青, 韩诗畴, 杜家纬. 植物挥发性信息化学物质在昆虫寄主选择行为中的作用 [J]. 环境昆虫学报, 2010, 32 (3): 407-414]
- Huang JT. Occurrence of stem borers on *Casuarina* spp. with different types [J]. *Protection Forest Science and Technology*, 2010, 5: 50-52. [黄金塔. 不同林分类型木麻黄蛀干害虫发生情况调查 [J]. 防护林科技, 2010, 5: 50-52]
- Huang ZP, Pang ZH, Liu YL, et al. Damage and control of *Arbela bailbarana* in *Camellia oleifera* forest [J]. *Forest Pest and Disease*, 2014, 33 (2): 17-20. [黄志平, 庞正轰, 刘有莲, 等. 油茶林相思拟木蠹蛾的危害特性及防治研究 [J]. 中国森林病虫, 2014, 33 (2): 17-20]
- Kovacs KF, Haight RF, McCullough DG, et al. Cost of potential emerald ash borer damage in U. S. communities, 2009-2019 [J]. *Ecological Economics*, 2010, 69: 569-578.
- Liang J, Zhu YP, Sun ZQ, et al. Relationship of forest ecosystem composition and structure with management of pests [J]. *Forest Pest and Disease*, 2012, 31 (5): 7-12. [梁军, 朱彦鹏, 孙志强, 等. 森林生态系统组成和结构与病虫害防治 [J]. 中国森林病虫, 2012, 31 (5): 7-12]
- Liu YL. Investigation and spatial distribution of wormhole on *Arbela bailbarana* Mats [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2011, 27 (2): 215-220. [刘有莲. 相思拟木蠹蛾调查及虫孔空间分布 [J]. 中国农学通报, 2011, 27 (2): 215-220]
- Pérez-Salícru DR, Esquivel RT. Tree infection by *Hypsipyla grandella* in *Swietenia macrophylla* and *Cedrela odorata* (Meliaceae) in Mexico's southern Yucatan Peninsula [J]. *Forest Ecology and Management*, 2008, 255: 324-327.
- Sheng WT. The relationship between biological stability and sustainable management of plantation [J]. *World Forestry Research*, 2001, 14 (6): 14-21. [盛炜彤. 人工林的生物学稳定性与可持续经营 [J]. 世界林业研究, 2001, 14 (6): 14-21]
- Tong B, Zhang DD. The controversies of using insects to assess forest ecosystem health [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2012, 34 (1): 88-94. [童博, 张丹丹. 利用昆虫评价森林生态系统健康研究中一些问题的探讨 [J]. 环境昆虫学报, 2012, 34 (1): 88-94]
- Wang CS, Zhao ZG, Wu LD, et al. Effects of pruning height on trunk borer (*Arbela* spp.) damage to *Betula alnoides* [J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2012, 27 (6): 120-123. [王春胜, 赵志刚, 吴龙敦, 等. 修枝高度对西南桦拟木蠹蛾为害的影响 [J]. 西北林学院学报, 2012, 27 (6): 120-123]
- Wang JM, Liu J, Chen XM, et al. Host selection of xylophagous insects and its application in forest health evaluation [J]. *Forest Research*, 2010, 23 (1): 125-133. [王健敏, 刘娟, 陈晓鸣, 等. 蛀干昆虫的寄主选择及其在森林健康评价中的应用 [J]. 林业科学研究, 2010, 23 (1): 125-133]
- Zhang XY, Lv Q, Liang J, et al. Scientific problems to be solved for forest protection in China [J]. *Forest Pest and Disease*, 2012, 31 (5): 1-6. [张星耀, 吕全, 梁军, 等. 中国森林保护亟待解决的若干科学问题 [J]. 中国森林病虫, 2012, 31 (5): 1-6]
- Zou J, Wang CJ, Wang C, et al. Status of studies on Cossidae in China [J]. *Guizhou Science*, 2013, 31 (5): 98-102. [邹军, 王才军, 王程, 等. 我国木蠹蛾研究现状 [J]. 贵州科学, 2013, 31 (5): 98-102]