

黑里河地区红脂大小蠹出孔与降落位置的研究*

刘漪舟^{1**} 高丙涛¹ 张绍鹏² 任利利^{1***} 骆有庆^{1***}

(1. 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;

2. 宁城县应急管理局, 宁城 024200)

摘要 【目的】明确红脂大小蠹 *Dendroctonus valens* 羽化出孔位置及受吸引时的降落位置, 为监测和诱捕等防治技术提供理论依据。【方法】在内蒙古自治区黑里河国家级自然保护区, 通过对受害油松的干基部及周边地面进行分区采集, 统计红脂大小蠹的出孔位置; 统计扬飞期受引诱剂吸引的红脂大小蠹的降落位置。【结果】红脂大小蠹多在寄主树木根部越冬, 成虫出蛰后咬破根皮向上挖穿土层到达地表; 受害树干基部及周围地表不同区域出孔的红脂大小蠹比例存在极显著差异 ($P < 0.001$)。在距受害树干基 0-50 cm 的地表区域内捕获的红脂大小蠹最多, 占 79.90%±16.99%, 其次为距受害树干基 50-100 cm 的区域, 捕获比例为 17.77%±14.12%, 在树干上捕获的红脂大小蠹的比例较低。明确了红脂大小蠹寻找寄主时的降落位置, 在不同区域的降落比例具有极显著差异 ($P < 0.001$)。在树干距地表 0-50 cm 高处降落的红脂大小蠹最多, 占比为 41.09%±4.25%, 其次是树干 50-100 cm 的区域, 占 27.47%±4.31%, 此外树干 100-150 cm 的区域、地面距树干 0-150 cm 范围内也均有红脂大小蠹降落。【结论】在黑里河地区, 红脂大小蠹多在根部越冬, 翌年多在距树干基 0-50 cm 的地表区域内出孔并扩散。在使用熏蒸法防治时, 建议以受害树为中心覆盖 50 cm 的地面, 如有条件可覆盖到距树干基 100 cm; 红脂大小蠹在寻找寄主时, 多降落在树干距地面 0-50 cm 的高度, 建议在较低的高度悬挂诱捕器。

关键词 红脂大小蠹; 行为; 虫害管理

Emergence and landing positions of *Dendroctonus valens* in Heilihe

LIU Yi-Zhou^{1**} GAO Bing-Tao¹ ZHANG Shao-Peng²
REN Li-Li^{1***} LUO You-Qing^{1***}

(1. Beijing Key Laboratory for Forest Pest Control, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Emergency Management Bureau of Ningcheng County, Ningcheng 024200, China)

Abstract 【Objectives】To improve the prevention and control of *Dendroctonus valens* by determining the emergence and landing positions this pest. 【Methods】In Heilihe National Natural Reserve, Inner Mongolia Autonomous Region, China, a ground and stem eclector trap was used to count the emergence positions of *D. valens*. The landing position of attracted insects was also counted during the emergence period. 【Results】Most *D. valens* overwinter at the root level where adults bite the root bark and burrow upward through the soil to ground level after overwintering. There were very significant differences in the proportion of *D. valens* that emerged at different distances from infested pines ($P < 0.001$). Most, 79.90%±16.99%, emerged from an area within a 0-50 cm radius of infested pines with the remainder 17.77%±14.12% emerging within a 50-100 cm radius. Few adults emerged from the trunk. The proportion that landed at different heights on the trunk was also significantly different ($P < 0.001$). Most 41.09%±4.25% landed at a height of 0-50 cm from the ground, with a smaller proportion 27.47%±4.31% landing at a height of 50-100 cm. Relatively few landed at heights of 100-150 cm within a radius of 0-150 cm of a pine tree. 【Conclusion】In Heilihe National Natural Reserve, *D. valens* mostly damages pine roots, and usually emerges within a 0-50 cm radius of pine trees. Therefore, covering the ground within 0-50 cm of pine trees with plastic sheeting should

*资助项目 Supported projects: 国家自然科学基金“入侵害虫红脂大小蠹的寄主树种适应性机制研究”(31870642); 北京市科技计划“百万亩造林健康监测与有害生物绿色防控技术研究与集成示范”(Z201100008020001)

**第一作者 First author, E-mail: 347603629@qq.com

***共同通讯作者 Co-corresponding authors, E-mail: lily_ren@bjfu.edu.cn; youqingluo@126.com

收稿日期 Received: 2021-09-01; 接受日期 Accepted: 2021-12-10

improve the control of this pest with fumigation. If possible, the ground should be covered to a distance of 100 cm from each trunk. *D. valens* generally lands on pine trunks at a height of 0-50 cm from the ground, so traps should be hung as low as possible.

Key words *Dendroctonus valens*; behavior; pest management

红脂大小蠹 *Dendroctonus valens* 也常译作强大小蠹 (王天录, 2000; 殷惠芬, 2000; 苗振旺等, 2001; 闫争亮等, 2003), 属鞘翅目 Coleoptera 象虫科 Curculionidae, 小蠹亚科 Scolytinae, 大小蠹属 *Dendroctonus*。红脂大小蠹原产地为北美洲至中美洲, 是我国重大外来有害生物之一, 20 世纪 80 年代, 随美国花旗松原木传入我国, 并于 1998 年在山西暴发成灾 (王瑞和李文柱, 2002)。红脂大小蠹目前已扩散至陕西、甘肃、河北、河南、北京、内蒙古、辽宁等省 (自治区) (张历燕等, 2002; 苗振旺等, 2003; 赵建兴等, 2008; 杜艳红等, 2019), 在野外主要危害油松 *Pinus tabulaeformis*, 也有报道危害华山松 *Pinus armandii*、白皮松 *Pinus bungeana*、樟子松 *Pinus sylvestris* var. *mongolica* 等 (张历燕等, 2002; 赵建兴等, 2008; 闫鹏勇, 2020), 造成了严重的经济与生态损失。

前人 (许佳林等, 2002; 张历燕等, 2002; 孙永明, 2006) 研究发现红脂大小蠹在受害树或伐桩的干部及根部越冬, 在干部越冬的红脂大小蠹不能存活或存活率极低, 而在根部越冬的红脂大小蠹成活率更高, 是下一年扩散的虫源。吴建功等 (2002) 通过挖掘受害树干部与根部, 发现在干部及根部均有红脂大小蠹越冬, 但干部越冬的红脂大小蠹死亡率达到 100%, 而根部越冬的红脂大小蠹死亡率仅为 11.3%。苗振旺等 (2001) 对红脂大小蠹在根部危害距离进行了研究, 发现幼虫可在距干基 3 m 之外的侧根危害。在山西晋中的相关研究表明距干基 4.2 m 的根梢也有红脂大小蠹危害 (吴建功等, 2002)。在干基部危害的红脂大小蠹从原侵入孔或钻孔钻出, 而在根部危害的红脂大小蠹则咬破根皮向上出土到达地表 (苗振旺等, 2001; 许佳林等, 2002; 孙永明, 2006; 韩玉光, 2017; 姜兆勇等, 2020)。但关于红脂大小蠹的出土位置多为一些定性的报告, 尚未有红脂大小蠹在受害树不同位置出孔的定

量研究。为进一步了解红脂大小蠹的出孔行为, 明确其出孔位置, 为熏蒸防治提供数据支撑, 本研究在受害油松的干基及周边地面设置分区诱捕红脂大小蠹, 在不破坏样树的自然状态下对红脂大小蠹的出孔位置进行定量研究。

通过在不同高度悬挂诱捕器, 比较捕获的红脂大小蠹数量可以推测其降落位置。苗振旺等 (2003) 发现诱捕器悬挂于下端距地面 5-10 cm 的高度时, 捕获的红脂大小蠹多于悬挂在树木主干上部 (紧靠树冠) 和树冠中部的诱捕器。张海风 (2011) 也提出, 诱捕器下端距离地面 10 cm 左右, 诱捕效果最好。但也有研究给出了不同的结果, 如王一陶 (2019) 在辽宁北票的研究中发现, 悬挂于距地面 2 m 的诱捕器捕获的红脂大小蠹最多。目前, 尚未有人研究纷飞中的红脂大小蠹受寄主挥发物引诱后的降落位置。因此, 本研究采用引诱剂诱集法, 明确红脂大小蠹的降落高度与降落位置, 为科学合理地悬挂诱捕器提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究地点

本研究在黑里河国家级自然保护区进行, 该保护区位于河北与内蒙古交界处, 属内蒙古自治区赤峰市宁城县。主要保护对象是大面积天然油松林为代表的暖温带针阔混交林生态系统及生物多样性资源。试验地点为保护区内油松纯林, 林下植被主要是草本植物。

1.2 干基及地表分区诱捕法

1.2.1 树干分区 干部采样参考 “eclector trap” (Work et al., 2016; Römbke et al., 2017), 首先, 将样树树干距地面 0、50 和 100 cm 处的死皮刮平, 如果树皮下出现蛀道, 则将蛀道刮平或用黏土填平, 操作中避免损伤韧皮部, 形成较为平整的条带。其次, 使用黑色尼龙网布 (100 目)

以圆筒状包裹树干, 尼龙网布不紧贴树干, 留下充足的空间供昆虫活动。在已刮平树皮的 3 个高度上, 用多道细铁丝勒紧, 使尼龙网和树干紧密贴合没有空隙。最后, 在树干部分形成距地面 0-50 cm 和 50-100 cm 两个相互隔离的分区。在每分区的南侧将尼龙网剪开一个“十字形”开口, 将白色乳胶瓶 (500 mL) 的瓶口插入开口, 用多道细铁丝将尼龙网布紧缠在乳胶瓶瓶口上, 不留缝隙以免昆虫逃逸。设置完成后在乳胶瓶中倒入诱液 (白酒 : 白醋 = 1 : 1) (图 1)。

1.2.2 地面分区 清除样树周围枯落物和杂草, 以样树为中心, 分成距干基 0-50、50-100 和 100-150 cm 3 个环形区域 (林内空间不足时只设前 2 个), 按面积变化在每个区域内埋入数量不同的一次性塑料杯 (杯高 7.8 cm), 杯口与地面齐平, 在距离杯口 5 cm 高度扎 1-3 个小孔, 以免降水导致标本流失; 之后使用黑色尼龙网布 (100 目) 覆盖地面, 网布不与地面紧贴, 留下充足的空间以供昆虫活动; 在距离干基 50、100 和 150 cm 处使用铁丝和钢钉固定网布, 形成 3 个隔离开的同心圆环区域。设置完成后在塑料杯中倒入诱液 (白酒 : 白醋 1 : 1) (图 1)。

1.2.3 样树选取与试验时间 在低郁闭度油松林内选择受害油松 10 株, 样树针叶颜色正常, 红脂大小蠹侵入孔 ≥ 10 个且周围树木未受害。因林间空间限制, 有 5 株样树周围地面部分覆盖到距干基 100 cm, 5 株覆盖到距干基 150 cm。

于 2019 年 4 月 26-27 日, 红脂大小蠹成虫扬飞前完成试验装置的布设。每 15 d 左右补充

一次诱液, 每 1 个月左右回收样品, 按照分区进行统计。试验持续至 2019 年 9 月 15 日, 期间共回收样本 5 次。试验完成后拆除诱捕装置, 检查尼龙网中是否有未被捕获的红脂大小蠹, 树干部有无新侵入孔。

1.2.4 样树根部挖掘与记录 2019 年 10 月 15 日, 从 5 株覆盖到距干基 150 cm 距离的样树内随机选取 3 株, 挖掘根部, 记录红脂大小蠹在根部危害的区域和距离并绘制简图。

1.3 引诱剂诱集法

2019 年 5 月和 2021 年 6 月, 于红脂大小蠹成虫扬飞高峰期, 进行引诱剂诱集试验, 统计落点位置。试验时间为每天 8:00-19:00。在油松林内选择一株油松, 使用黑色尼龙网布 (100 目) 将油松干部 0-1.5 m 处包裹, 并用细铁丝箍紧。同时, 用黑色尼龙网布覆盖油松周围 3 m 见方的地面, 并固定各边。将红脂大小蠹引诱剂 (北京昌回林海生态科技有限公司) 倒入 3 个塑料杯 (图 2), 固定在油松干部 0.5 m 处, 模拟该地区诱捕器诱芯的悬挂高度。试验开始后不间断监测, 记录每只落在尼龙网布上的红脂大小蠹的位置并统计数量, 统计区域包括: 树干 0-50 cm (距地面), 树干 50-100 cm, 树干 100-150 cm, 地面 0-50 cm (距干基), 地面 50-100 cm, 地面 100-150 cm。

1.4 数据处理

分区采集法和根部受害情况的示意图使用

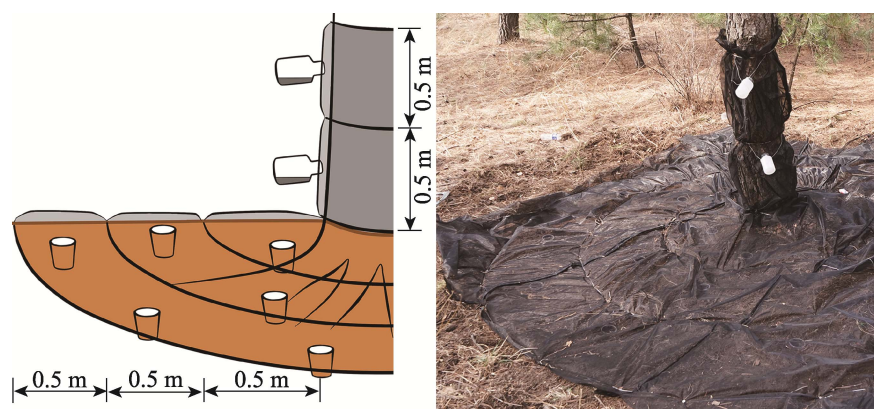


图 1 干基及地表分区诱捕法示意图 (左) 与野外布设 (右)

Fig. 1 Diagram (left) and photograph (right) of the ground and stem eclector trap



图 2 引诱剂诱集的野外布设

Fig. 2 Entrap by attractant in the field

Easy PaintTool SAI (SYSTEMAX Software Development, 2016) 进行绘制。使用 R v.3.6.2 进行统计分析与作图 (R Development Core Team, 2019)。

使用 Kruskal-Wallis 检验对各分区出孔的红脂大小蠹比例进行比较并矫正 P 值。使用单因素方差分析 (One-Way ANOVA) 比较各区域降落的红脂大小蠹比例差异并矫正 P 值。

2 结果与分析

2.1 越冬后红脂大小蠹的出土与出孔位置

Kruskal-Wallis 检验结果表明, 样树干部和周围地面不同区域捕获红脂大小蠹的比例具有极显著差异 ($P < 0.001$); 其中 $79.90\% \pm 16.99\%$ 的红脂大小蠹在距干基 0-50 cm 的地面区域内被捕获, 其次为地面 50-100 cm 区域, 占比为 $17.77\% \pm 14.12\%$, 而树干距地面 0-50 cm 与树干 50-100 cm 两个区域的捕获比例最低且差异不显著, 分别为 $1.66\% \pm 5.24\%$ 和 $0.67\% \pm 2.11\%$ (图 3)。

对 5 株包裹到距干基 150 cm 的样树的统计发现, 在距干基 100-150 cm 的地面区域内捕获到 18 头红脂大小蠹, 占 5 株样树总捕获量的 6.5%, 具体结果见表 1。

试验结束后在尼龙网布中未发现红脂大小蠹成虫; 在一株样树干部发现 1 个新侵入孔, 挖掘该侵入孔后蛀道内没有发现红脂大小蠹成虫或幼虫。

对样树根部的挖掘和解析发现, 红脂大小蠹在根部的危害主要集中在距干基 0-50 cm 的区域内 (图 4), 表明黑里河地区红脂大小蠹主要从干基部向根部危害, 并在根部化蛹并羽化为成虫, 成虫开始活动后直接向上挖穿土壤到达地表。此外红脂大小蠹在根部最远危害距离达到 146 cm, 最细受害根直径为 2.4 cm。

2.2 引诱剂诱捕后红脂大小蠹的降落位置

单因素方差分析表明, 在样树各区域降落的红脂大小蠹占比具有极显著差异 ($P < 0.001$), 其中降落于树干距地面 0-50 cm 区域的红脂大小蠹占比最高, 达到 $41.09\% \pm 4.25\%$, 其次为树干 50-100 cm 区域, 比例为 $27.47\% \pm 4.31\%$ 。地面 0-50 cm 和树干 100-150 cm 分别占 $15.35\% \pm 5.04\%$ 和 $9.87\% \pm 4.56\%$ 。而降落在地面距干基 50-100 cm 和地面距干基 100-150 cm 区域的红脂大小蠹比例无显著差异, 分别为 $3.69\% \pm 3.40\%$ 和 $2.54\% \pm 2.46\%$ (图 5)。结果表明, 受引诱剂吸引后, 红脂大小蠹的降落位置较为分散, 并非精准地降落到气味源处。

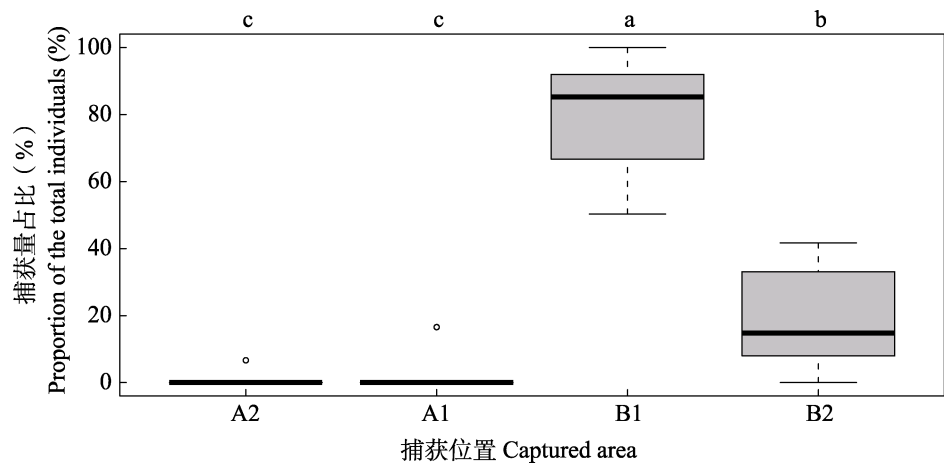


图 3 不同区域捕获的红脂大小蠹数量占比

Fig. 3 Proportion of the total individuals of the *Dendroctonus valens* captured in different regions

A2: 树干 50-100 cm; A1: 树干 0-50 cm; B1: 地面 0-50 cm; B2: 地面 50-100 cm。图中标有不同小写字母代表具有显著差异 (Kruskal-Wallis 检验, 显著水平 $P<0.001$)。
A2: Stem heights 50-100 cm; A1: Stem heights 0-50 cm; B1: The ground within 0-50 cm of the tree; B2: The ground within 50-100 cm of the tree. Marked by different lowercase letters indicate significant differences (Kruskal-Wallis Test, $P<0.001$).

表 1 包裹到距干基 150 cm 样树的红脂大小蠹捕获数量与百分比统计

Table 1 Captured *Dendroctonus valens* quantity and percentage of the sample trees which covered 1.5 meters from tree trunk

捕获位置 Captured area	捕获量 (头) Total number (ind.)	百分比 (%) Proportion
树干 50-100 cm Stem heights 50-100 cm	1	0.4
树干 0-50 cm Stem heights 0-50 cm	25	9.1
地面 0-50 cm The ground within 0-50 cm of the tree	174	63.3
地面 50-100 cm The ground within 50-100 cm of the tree	57	20.7
地面 100-150 cm The ground within 100-150 cm of the tree	18	6.5

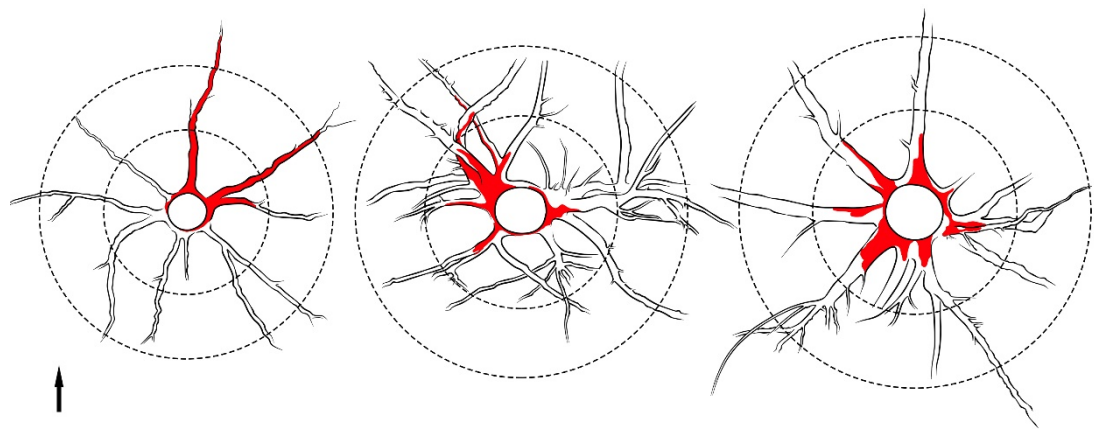


图 4 样树根部受害情况

Fig. 4 Root damage of the sample trees

红色为受害区域, 箭头所指方向为北, 圆形虚线为距干基 50 cm 和 100 cm。
The infected parts are marked in red. The direction of the arrow is north. Circular dotted line means 50 cm and 100 cm from the trunk.

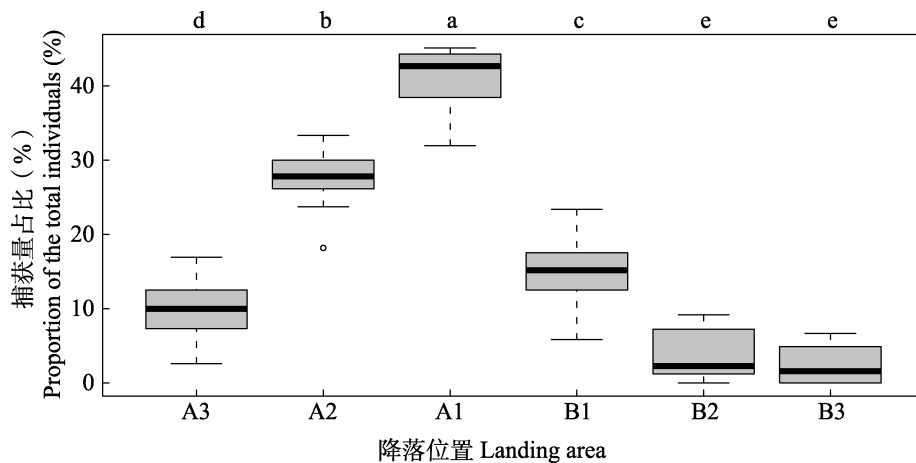


图5 红脂大小蠹降落在各区域的占比

Fig. 5 Proportion of the total individuals of the *Dendroctonus valens* landed in different regions

A3: 树干 100-150 cm; A2: 树干 50-100 cm; A1: 树干 0-50 cm; B1: 地面 0-50 cm; B2: 地面 50-100 cm; B3: 地面 100-150 cm。柱上标有不同小写字母代表具有显著差异 (LSD 检验, 显著水平 $P < 0.001$)。

A3: Stem heights 100-150 cm; A2: Stem heights 50-100 cm; A1: Stem heights 0-50 cm; B1: The ground within 0-50 cm of the tree; B2: The ground within 50-100 cm of the tree; B3: The ground within 100-150 cm of the tree. Marked by different lowercase letters indicate significant differences (LSD test, $P < 0.001$).

3 结论与讨论

本研究发现在黑里河地区, 红脂大小蠹多在受害树根部越冬, 少数在树干部越冬。成虫越冬后, 咬破根皮直接向上挖穿土壤到达地表。此结果与山西发生的红脂大小蠹的相关研究相同(吴建功等, 2002; 许佳林等, 2002)。红脂大小蠹更倾向于从干基向下危害并在根部越冬, 可能因为黑里河地区冬季寒冷, 温差较大, 相较于地表根部的温度变化较小, 在根部越冬成活率相对更高。此外在根部危害和越冬也有利于躲避天敌的捕食。

距受害树干基 0-50 cm 半径范围的地面区域是红脂大小蠹出土数量最多的区域, 其次为地面 50-100 cm 的区域和树干 0-50 cm 高的区域。对受害样树根部的挖掘也发现, 距干基 0-50 cm 的区域有较密集的红脂大小蠹蛀道, 此外我们猜测红脂大小蠹的危害距离可能与受害树侧根的直径有关, 较细的根可供取食的韧皮部较少, 红脂大小蠹会向更远距离危害以满足生长发育的需求。为有效消灭根部的红脂大小蠹, 山西的相关研究建议在熏蒸防治中覆盖到受害树周边 20-30 cm 的范围(王天录, 2000; 王丽芳, 2018)。而

在黑里河地区, 覆盖范围还应扩大至超过 50 cm。

本研究发现红脂大小蠹扬飞期受到吸引后的降落位置较为分散, 当引诱源固定在样树 50 cm 高时, 红脂大小蠹主要降落在样树干部距地面 0-50 cm 高的区域, 其次为树干 50-100 cm 的区域, 地面距干基 0-50 cm 和树干 100-150 cm 有部分红脂大小蠹降落, 少量红脂大小蠹降落在距离干基 50-150 cm 的地面。降落位置的分散使得常用的十字挡板诱捕器和漏斗形诱捕器无法完全捕获引诱来的红脂大小蠹, 而未被捕获的红脂大小蠹可能就近危害, 导致了一些报道中提到的诱捕器附近树木被害加重(郭玉永等, 2003; 苗振旺等, 2003)。从红脂大小蠹的降落数量分布来看, 红脂大小蠹多降落于树干 0-50 cm 高的区域, 而相关研究也发现红脂大小蠹的侵入孔也集中于树干 40 cm 以下或近地表处(刘贤谦等, 2000; 张历燕等, 2002; 王毅, 2004; 王丽芳等, 2018)。因此在林下空旷灌木较少的林分内, 诱捕器应当尽量悬挂于较低的位置, 以提高捕获率。本研究与前人(苗振旺等, 2003; 张海风, 2011)通过悬挂诱捕器获得的结果相同, 但王一陶(2019)在辽宁北票的研究得到了不同的结果。这可能是由于北票的研究地点林下灌木较多, 阻

碍了红脂大小蠹在较低高度的飞行,而本研究的试验地点林下空旷。

综上,针对黑里河地区对红脂大小蠹的防治,本研究建议:在熏蒸防治中地面部分应覆盖到距受害树干基 50 cm 的距离,有条件可覆盖到距干基 100 cm,树干部分的包裹高度可视最高侵入孔的高度进行调整;当在灌木较少,林下空旷的环境设置诱捕器时,可尽量降低悬挂高度。此外在红脂大小蠹发生期过后应及时检查诱捕器周边树木,对新受害树进行处理。

参考文献 (References)

- Du YH, Li RG, Li SN, 2019. Preliminary study on the damage of red turpentine beetle (*Dendroctonus valens*) in Naimanqi. *Forestry Science & Technology*, 4(3): 53–54. [杜艳红, 李仁贵, 李施男, 2019. 奈曼旗红脂大小蠹危害初探. 林业科技, 44(3): 53–54.]
- Guo YY, Wu GL, Liu WG, Miao JW, 2003. Trapping effect and sex pheromone prescription of *Dendroctonus valens* LeConte. *Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition)*, 23(3): 216–219. [郭永玉, 吴国礼, 刘伟国, 苗振旺, 2003. 红脂大小蠹信息素配方研究及诱杀效果. 山西农业大学学报(自然科学版), 23(3): 216–219.]
- Han YG, 2017. Study on bionomics and harmfulness rules of *Dendroctonus valens* LeConte in Jincheng. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 45(11): 1837–1840. [韩玉光, 2017. 晋城市红脂大小蠹生物学特性与危害规律研究. 山西农业科学, 45(11): 1837–1840.]
- Jiang ZY, 2020. Investigation of *Dendroctonus valens* overwintering sites and unearthed situation of adult insects. *Jiangxi Agriculture*, 2020(4): 67–68. [姜兆勇, 2020. 红脂大小蠹越冬场所及成虫出土情况调查研究. 江西农业, 2020(4): 67–68.]
- Liu XQ, Gao HX, Ren JY, Cheng ZF, 2000. Study on the biological and ecological characteristics of *Dendroctonus valens* LeConte. 2000 Annual Conference of the Entomological Society of China. Yichang: 817–819. [刘贤谦, 高宏旭, 任俊义, 程志枫, 2000. 强大小蠹生物生态学特性的研究. 中国昆虫学会 2000 年学术年会. 宜昌: 817–819.]
- Miao ZW, Zhao MM, Wang LZ, Pei HC, Di JM, Sun JH, 2003. Application of semiochemicals in monitoring and controlling the red turpentine beetle, *Dendroctonus valens*. *Entomological Knowledge*, 40(4): 346–350. [苗振旺, 赵明梅, 王立忠, 裴海潮, 邸济民, 孙江华, 2003. 强大小蠹植物源引诱剂林间应用技术. 昆虫知识, 40(4): 346–350.]
- Miao ZW, Zhou WM, Huo LY, Wang XL, Fan JX, Zhao MM, 2001. Study on the biological characteristic of *Dendroctonus valens* LeConte. *Shanxi Forestry Science and Technology*, 2001(1): 34–37, 40. [苗振旺, 周维民, 霍履远, 王晓丽, 范俊秀, 赵明梅, 2001. 强大小蠹生物学特性研究. 山西林业科技, 2001(1): 34–37, 40.]
- Römbke J, Blick T, Dorow WHO, 2017. *Allolobophora eiseni* (Lumbricidae), a truly arboreal earthworm in the temperate region of Central Europe. *Soil Organisms*, 89(2): 75–84.
- Sun YM, 2006. A study on the bionomics of red turpentine beetle (*Dendroctonus valens*) and the application technology of its kairomone. Master dissertation. Beijing: Chinese Academy of Forestry. [孙永明, 2006. 红脂大小蠹生物学特性及植物性引诱剂林间应用技术研究. 硕士学位论文. 北京: 中国林业科学研究院.]
- Wang LF, Yang CZ, Jiao WH, 2018. The preventing technique of the red turpentine beetle (*Dendroctonus valens*) in Nan-Yang mountain forestry farm. *Forestry of Shanxi*, 2018(4): 46–47. [王丽芳, 杨存珍, 焦文慧, 2018. 南阳山林场红脂大小蠹防治技术. 山西林业, 2018(4): 46–47.]
- Wang R, Li WZ, 2002. The discovery of *Dendroctonus valens* LeConte in Shanxi and the way of its diffusion. 2002 Annual Conference of the Entomological Society of China. Nanning: 549–551. [王瑞, 李文柱, 2002. 强大小蠹在山西的发现及扩散途径. 中国昆虫学会 2002 年学术年会. 南宁: 549–551.]
- Wang TL, 2000. Studies on the occurrence and control of *Dendroctonus valens* LeConte of forestry area of Zhong-Tian mountain. *Journal of Shanxi Normal University (Natural Science Edition)*, 14(3): 68–71. [王天录, 2000. 中条山林区强大小蠹危害状况及防治的研究. 山西师范大学学报(自然科学版), 14(3): 68–71.]
- Wang Y, 2004. Studies on bioecology and management of the *Dendroctonus valens*. Master dissertation. Yangling: Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry. [王毅, 2004. 红脂大小蠹生物生态学特性及综合防治研究. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学.]
- Wang YT, 2019. Comparative study on the control effect of the space position of the trap on *Dendroctonus valens*. *Protection Forest Science and Technology*, 2019(8): 33–34. [王一陶, 2019. 诱捕器的空间位置对红脂大小蠹防治效果的比较研究. 防护林科技, 2019(8): 33–34.]
- Work TT, Andersson J, Ranius T, Hjalten J, 2016. Defining stump harvesting retention targets required to maintain saproxylic beetle biodiversity. *Forest Ecology and Management*, 371: 90–

- 102.
- Wu JG, Zhao MM, Zhang CM, Guo BP, Li JZ, Niu X, 2002. Damage of *Dendroctonus valens* on *Pinus tabulaeformis* and its distribution on trunk and root before and after overwintering period. *Forest Pest and Disease*, 21(3): 38–41. [吴建功, 赵明梅, 张长明, 郭保平, 李建中, 牛璇, 2002. 红脂大小蠹对油松的危害及越冬前后干、根部分布调查. 中国森林病虫, 21(3): 38–41.]
- Xu JL, Wang JJ, Li HP, Yan HJ, Chen ZH, 2002. Observation on overwintering place of *Dendroctonus vales* and out-ground condition of imago. *Shanxi Forestry Science and Technology*, 2002(4): 26–28. [许佳林, 王建军, 李红平, 闫海珍, 陈志华, 2002. 红脂大小蠹越冬场所及成虫出土观察. 山西林业科技, 2002(4): 26–28.]
- Yan PY, 2020. Study on the species and relationship between the associated fungi of *Dendroctonus valens* LeConte and the endophyte of host trees. Master dissertation. Beijing: Beijing Forestry University. [闫鹏勇, 2020. 红脂大小蠹伴生真菌和寄主树种内生菌的种类及相互关系研究. 硕士学位论文. 北京: 北京林业大学.]
- Yan ZL, Sun JH, Zhang ZN, 2003. An ivasive alien species- *Dendroctonus valens*: Damages in forestry in China and its semiochemicals. *Entomological Knowledge*, 40(5): 399–404. [闫争亮, 孙江华, 张钟宁, 2003. 外来入侵林业害虫红脂大小蠹的侵袭以及相关信息化学物质. 昆虫知识, 40(5): 399–404.]
- Yin HF, 2000. The synopsis on morphological and biological characters of *Dendroctonus valens* LeConte. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 25(1): 120, 43. [殷惠芬, 2000. 红脂大小蠹的简要形态学特征和生物学特征. 动物分类学报, 25(1): 120, 43.]
- Zhang HF, 2011. Occurrence and sustainable management of *Dendroctonus valens*. Master dissertation. Yangling: Northwest A&F University. [张海风, 2011. 红脂大小蠹发生规律与可持续控制研究. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学.]
- Zhang LY, Chen QC, Zhang XB, 2002. Studies on the morphological characters and bionomics of *Dendroctonus valens* Leconte. *Scientia Silvae Sinicae*, 38(4): 95–99. [张历燕, 陈庆昌, 张小波, 2002. 红脂大小蠹形态学特征及生物学特性研究. 林业科学, 38(4): 95–99.]
- Zhao JX, Yang ZQ, Ren XH, Liang XM, 2008. Biological characteristics and occurring law of *Dendroctonus valens* in China. *Scientia Silvae Sinicae*, 44(2): 99–105. [赵建兴, 杨忠岐, 任晓红, 梁小明, 2008. 红脂大小蠹的生物学特性及在我国的发生规律. 林业科学, 44(2): 99–105.]