文章编号:1001-1498(2015)05-0708-05

松褐天牛在马尾松树干上的分布规律

高尚坤[1]，唐艳龙[1]，张彦龙[1]，杨忠岐[1*]，王小艺[1]，路纪芳[2]，王 健[2]，司徒春南[2]，付甫永[2]

(1. 国家林业局森林保护学重点实验室 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所,北京 100091;
2. 遵义市林业科学研究所,贵州 遵义 563002)

摘要:作为松材线虫病(*Bursaphelenchus xylophilus*)的最重要传播媒介,松褐天牛已成为控制松材线虫病的重点。明确松褐天牛各虫态在不同地区寄主树干上的分布,对因地适宜地释放天敌昆虫有着重要意义。为此,本研究通过解剖受害马尾松,结合林间调查,系统地研究了松褐天牛产卵刻槽、幼虫和蛹在马尾松树干上的分布规律。结果表明:松褐天牛产卵刻槽主要分布在树干的2.5～6.5 m范围内,刻槽数量与树干高度和胸径显著相关;松褐天牛幼虫数量与树干胸径关系不显著;多数蛹室位于侵入孔正上方,少数蛹室位于侵入孔下方,两种蛹室数量差异显著;两种蛹室与侵入孔中心的平均距离分别为3.93 cm和4.39 cm,两者之间差异不显著;并建立了松褐天牛幼虫在马尾松树干上的垂直分布模式图。本研究表明了松褐天牛种群密度与寄主树木大小的关系,为释放天敌进行生物防治提供了基础。

关键词:松褐天牛;刻槽;侵入孔;羽化孔;分布规律;预测预报

中图分类号:S763 **文献标识码**:A

Distribution of *Monochamus alternatus* on the Trunks of *Pinus massoniana*

GAO Shang-kun[1], *TANG Yan-long*[1], *ZHANG Yan-long*[1], *YANG Zhong-qi*[1], *WANG Xiao-yi*[1], *LU Ji-fang*[2], *WANG Jian*[2], *SITU Chun-nan*[2], *FU Fu-yong*[2]

(1. Key Lab of Forest Protection of SFA, Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091; 2. Zunyi Research Institute of Forestry, Zunyi 563002, Guizhou, China)

Abstract: The biological control of pine sawyer, *Monochamus alternatus*, the most important vector of pine wood nematode disease, *Bursaphelenchus xylophilus*, is an important method for the effective management of pine wood nematode disease. Understanding the distribution of the different staged *M. alternatus* on the host trunk is very important for releasing natural enemy insects in the particular conditions. The distributions of oviposition cut marks, larvae and pupae of pine sawyer on the trunk of *Pinus massoniana* were systematically investigated. The results showed that the oviposition cut marks were mainly distributed in 2.5～6.5 m of the host trunk. The amount of oviposition cut marks exhibited a significant positive linear relationship with the diameter of host trees, but a parabolic relationship with the host height. By contrast, no significant regression relationship was found between the amount of larvae and host diameter. The amount of pupa cells located above the entrance holes was significantly higher than those under the entrance holes. The average distances from the two types of pupa cells to the larvae entrance holes were 3.93 cm and 4.39 cm, respectively; there was no significant difference between them. Furthermore, a larvae vertical distribution model illustration in the trunk of *P. massoniana* was set up to exhibits the patterns. These find-

收稿日期: 2014-07-31
基金项目: 国家自然科学基金重点项目(31230015);国家863 计划项目(2012AA101503)
作者简介: 高尚坤(1987—),男,在读博士研究生,主要从事害虫生物防治研究;E-mail:gaoshangkun_2006@126.com
* 通讯作者: 主要从事天敌分类和害虫生物防治研究;电话:010-62889502;E-mail:yangzhqi@126.com

ings suggested that the population density of pine sawyer was related with the host tree size. This might provide a fundamental data of the amount of natural enemies that being released in biological control.

Key words: *Monochamus alternatus*; cut marks; entrance holes; exit holes; distribution

松褐天牛(*Monochamus alternatus* Hope)又名松墨天牛,属鞘翅目(Coleoptera),天牛科(Cerambycidae),沟胫天牛亚科(Laminae),墨天牛属(*Monochamus*),在我国分布广泛,东北至辽宁、西北至陕西、南至广东、台湾,西南至广西以及东部各省市,是危害松林的重要害虫[1]。同时作为松材线虫(*Bursaphelenchus xylophilus* Steiner and Buhrer)的传播媒介,大大加重了对松树的危害。

近年来,以生物防治为主的综合治理已经成为国内外公认的有效途径之一,对松褐天牛开展有效的生物防治必须以了解其生物学特性为基础,尤其是在树干中的分布习性在生物防治上具有重要意义[2-3]。虽然有关学者已对松褐天牛在马尾松树干上的分布规律进行了报道,但其研究主要集中在松褐天牛幼虫和蛹的分布规律[4-6]。杨子祥等[7]报道了松褐天牛产卵刻槽在云南松树干上的分布,而在马尾松上的分布未见报道。本研究通过林间观察结合树干解剖,全面系统地研究了松褐天牛产卵刻槽、侵入孔和羽化孔在马尾松树干上的分布规律,旨在了解松褐天牛的危害特性,揭示松褐天牛幼虫和蛹的分布规律,为方便、快捷地估计林间松褐天牛的虫口数量及科学的释放天敌开展生物防治提供依据。

1　材料与方法

1.1　试验地概况

试验地位于贵州省遵义县龙坑镇共青湖,海拔 950 m,27°35′57.42″ N,106°50′20.87″ E,试验地为马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)纯林,林龄约 35 年,树高平均约 15 m,胸径 20 cm 左右。该地区松褐天牛 1 年发生 1 代,世代重叠。

1.2　调查方法

2013 年 3 月在林间选择胸径 5 ～ 17 cm、树高 10 m 左右松褐天牛严重危害马尾松 35 株进行调查。解剖时,将马尾松树干锯成木段,每段 0.5 m,自下而上逐段解剖,并记录日期、胸径、树高。6 月上旬观察雌成虫的产卵行为,中旬检查当年危害上刻槽的分布情况,并记录各木段上刻槽的数量。翌年 3 月至 4 月中旬为老熟幼虫期,解剖时,首先检查韧皮部内幼虫的分布情况,记录数量;然后统计每段侵入孔的数量。4 月中旬至 5 月中旬为老熟幼虫和蛹的重叠期,首先检查韧皮部内蛹的分布情况,记录幼虫和蛹的数量;然后统计每木段上侵入孔的数量,并解剖,记录木质部内蛹的数量、蛹室在侵入孔的方位(上方或下方),观察蛀食路径,并测量蛹室中心与侵入孔中心的距离。待 8 月成虫完全羽化后,统计林间松褐天牛危害木上侵入孔和羽化孔的数量。

1.3　数据处理

试验所有数据用 SPSS 软件进行处理,并进行方差分析,各数值间的差异用 SNK 多重比较法分析[8]。对侵入孔中心到蛹室中心的距离进行频数分布分析,并绘制频数分布图。通过线性回归、二次抛物线的方法拟合刻槽、幼虫数量与马尾松树干高度、胸径的关系。

2　结果与分析

2.1　松褐天牛产卵刻槽在马尾松树干上的分布情况

松褐天牛成虫有刻槽产卵的习性,雌成虫沿树干垂直方向咬一刻槽,将产卵管由刻槽上沿插入树皮与边材间产卵,由于产卵木会产生树脂,因此在刻槽处会形成流脂点。根据马尾松树干上的刻槽数量随树干高度变化的关系($n = 12$),形成散点图,见图 1。松褐天牛产卵刻槽数量随树干高度呈“梯形”分布,主要分布在树干中段的 2.5 ～ 6.5 m 范围内;10 m 以上的树梢和 2 m 以下的树干分布较少;14 m 以上及侧枝几乎没有刻槽分布。

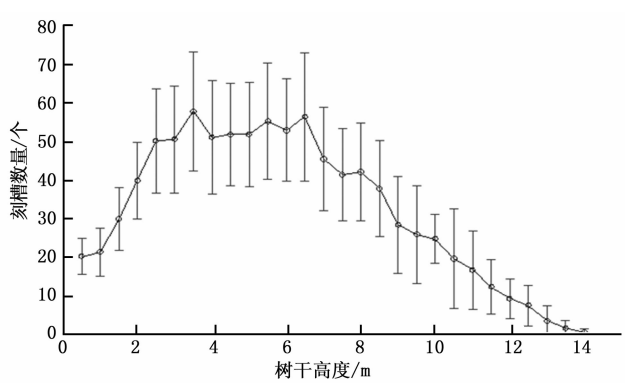

图 1　松褐天牛产卵刻槽在马尾松树干上的分布情况

统计不同胸径受害木上的刻槽总数,得到刻槽数量与树干胸径的相关关系($n = 11$),刻槽数量随

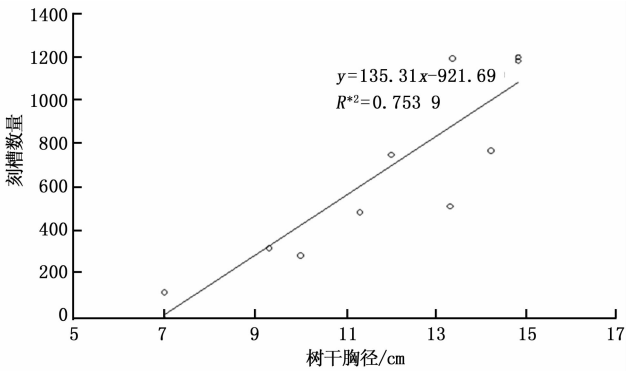

图2 松褐天牛刻槽总数与树干胸径的关系

树干胸径的增加而增多,见图2。根据调查数据计算得出,刻槽数量与树干胸径的关系模型为 $y = 135.31x - 921.69$,对其进行 F 检验表明,相关性达到极显著水平($r = 0.868$;$F = 27.577$;$df = 1,9$;$P = 0.001$)。马尾松树干上刻槽总量与树干高度关系($n = 12$),树干越高,刻槽总数越多。根据调查数据得出刻槽总量与树干高度的关系模型为 $y = 11.109x^{1.8096}$,对其进行 F 检验表明,相关性达到显著水平($r = 0.9506$;$F = 93.852$;$df = 1,10$;$P < 0.001$)。

2.2 松褐天牛幼虫的分布与胸径的关系

将胸径按2 cm为1个径阶分级,即4～6、6～8、8～10、10～12、12～14、14 cm以上,分为6级,统计不同径阶与虫孔数的关系,得出拟合方程为 $y = 14.912x - 34.542$,($R^2 = 0.5265$,见图3)。树干松褐天牛的虫孔数与径阶明显相关,即径阶越大,虫孔数越多,F 检验表明两者之间的关系没有达到显著水平($r = 0.7253$;$F = 4.45$;$df = 1,4$;$P = 0.103$)。径阶4～6 cm的马尾松平均虫孔数最少,为47个·株$^{-1}$;径阶12～14 cm的虫孔数最多,为252.2个·株$^{-1}$。

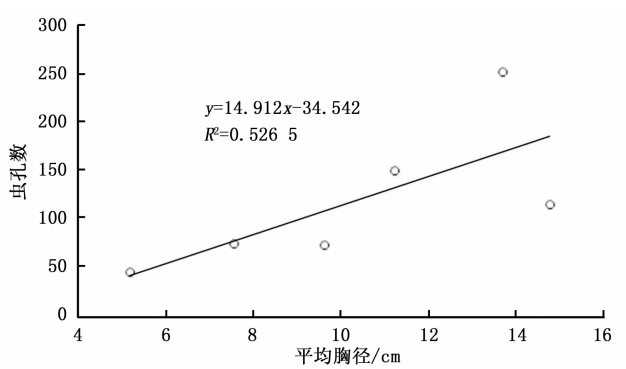

图3 松褐天牛幼虫的分布与胸径的关系

2.3 松褐天牛蛹分布与侵入孔之间的关系

松褐天牛幼虫在韧皮部取食一段时间后,除少数幼虫在韧皮部化蛹,多数幼虫从钻蛀侵入孔进入木质部继续取食,直到完成蛹室,最终形成"C"型蛀道。调查发现,松褐天牛的蛹室常位于侵入孔的正下方或正上方,多数蛹室位于侵入孔正上方,少数蛹室位于正下方,两者差异显著($F = 1.258$;$df = 1.222$;$P = 0.2898$)。对侵入孔中心到蛹室中心的距离进行了频数分布的统计分析,结果表明该距离的分布明显有1个峰值(图4),在4.0 cm左右。

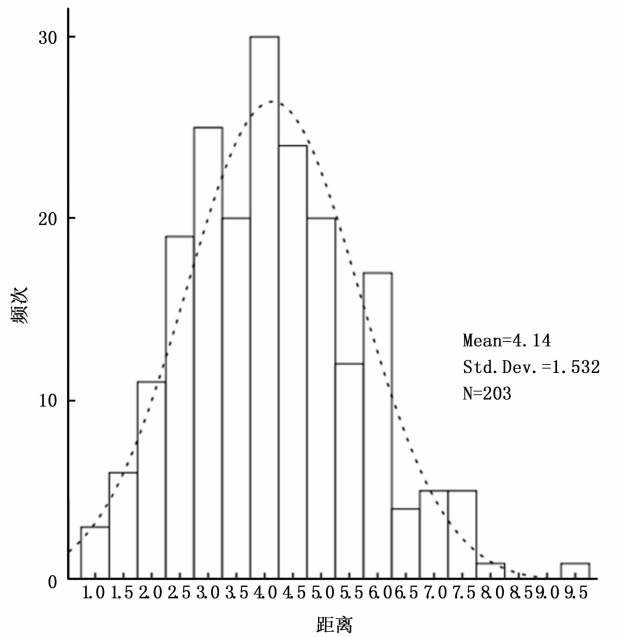

图4 侵入孔中心与蛹室中心之间的距离频次分布图

大部分松褐天牛幼虫生长发育过程中,进入木质部后,有些沿树干向上蛀食,有些沿树干向下蛀食,位于侵入孔上方的蛹室中心到侵入孔中心的最长距离为7.6 cm,最短距离为1 cm;位于侵入孔下方的蛹室中心到侵入孔中心的最长距离为9.5 cm,最短距离为1 cm。沿树干向下蛀食的松褐天牛蛀道比向上蛀食的天牛蛀道稍长,两者之间差异不显著($F = 1.261$;$df = 1,202$;$P = 0.263$)。

2.4 松褐天牛侵入孔、羽化孔与树干高度的回归关系

通过调查32株马尾松树干上松褐天牛侵入孔和羽化孔的分布位置和数量,分析其分布与树干高度的关系,结果表明松褐天牛侵入孔和羽化孔的数量与树干高度明显相关。侵入孔与树干高度的关系为 $y = -0.1316x^2 + 1.0446x + 5.3637$(图5)($r = 0.929$;$df = 2,21$;$F = 65.735$;$P < 0.001$)通过对方程求导,理论极大值点 x 和对应 y 值分别为 $x = 3.97$,$y = 7.44$,在实际中以理论极大值为基础在树

高标准差范围内进行调查,即在马尾松树干(3.97 ± 2.8)m 处的幼虫数量最多。羽化孔与树干高度的关系为 $y = -0.046\,8x^2 + 0.321\,9x + 2.523\,9$(图 8)($r = 0.912$;$df = 2,21$;$F = 51.775$;$P < 0.001$),理论极大值点 x 和对应 y 值分别为 $x = 3.44$,$y = 3.08$,即在马尾松树干(3.44 ± 1.2)m 范围内松褐天牛成虫羽化数量最多。

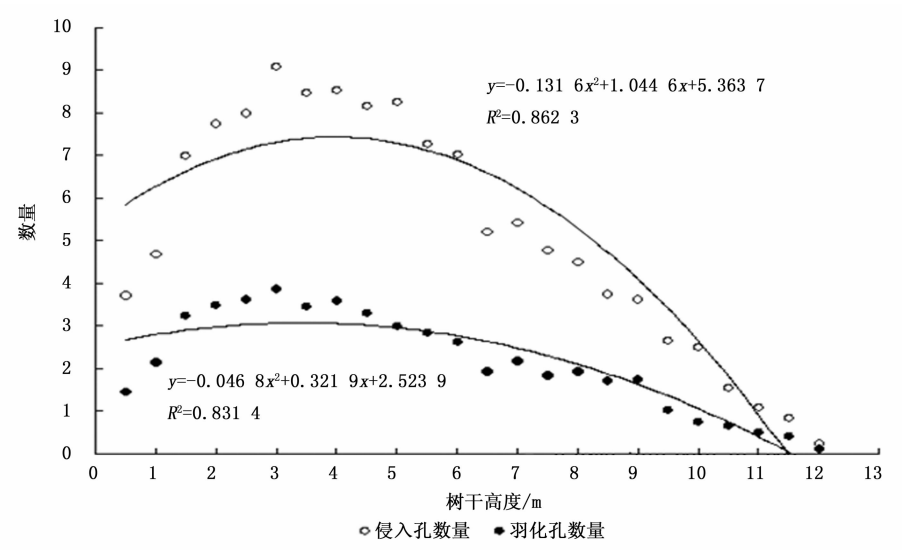

图 5　松褐天牛幼虫侵入孔、羽化孔数量与树高的关系

2.5　松褐天牛幼虫在树干上的分布模式图

为直观且形象地描述松褐天牛幼虫在寄主树干上的分布情况,结合调查数据,形成松褐天牛幼虫垂直分布模式图[9](图 6)。

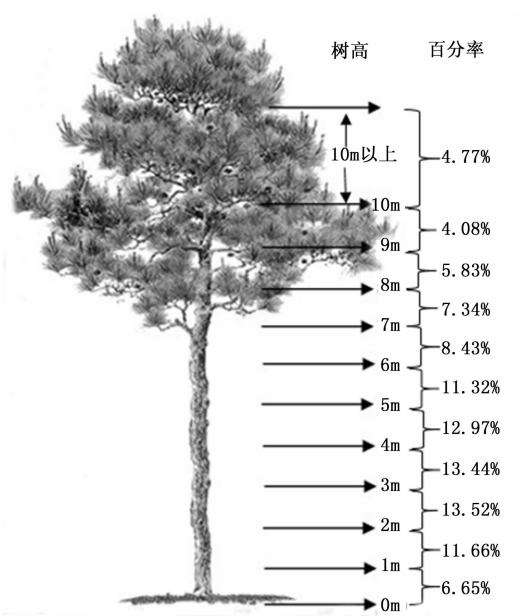

图 6　松褐天牛幼虫在树干上的垂直分布模式图

由图 5 可以看出,树干高度在 1 ～ 6 m 范围内的松褐天牛幼虫都在 11% 以上,其中以 2 ～ 4 m 范围内相对更多,在 13% 以上,说明在此高度范围内马尾松受害最为严重。在马尾松 10 m 以上的树梢和 1 m 以下的树干基部分布相对较少,仅有 4.47% 和 6.65%。

3　讨论

松褐天牛的产卵刻槽、幼虫、侵入孔及羽化孔在寄主上的空间分布机制在减少种内竞争方面具有重要的生物学意义[16]。调查中发现少数松褐天牛幼虫在韧皮部内化蛹,多数进入木质部取食、筑造蛹室;而且有些幼虫沿树干向上蛀食,有些沿树干向下蛀食,这可能与松褐天牛进入木质部时的时机、环境相关,也可能受其他天牛的影响,为避免幼虫的过分集中,缓解食物竞争和自相残杀的发生,通过嗅觉感知彼此所产生的化学信号,或幼虫的啮木警示音传递的驱避信号[17],而调整了蛀食方向。

本研究中受害马尾松树干上的松褐天牛侵入孔及羽化孔数量,均是在林间调查统计所得,减少了因将受害木置于室内,减少了天敌、温湿度等因素使得羽化孔数量减少,从而造成统计偏差,故通过建立松褐天牛侵入孔和羽化孔与马尾松树干高度、侵入孔数量与羽化孔数量之间的回归方程,可信度较高,可以为更快捷地进行林间松褐天牛虫情调查和危害程度估计提供一种方法。由于松褐天牛幼虫蛀入木质

部后,受外界环境影响很小,存活率较高,故侵入孔和羽化孔的数量随树干高度出现了相似的分布特征,这种显著相关的生物学现象与在云南松树干上结果相似[7]。另外,由于调查中发现遵义地区的马尾松侧枝较细(直径 <5 cm),虽有少量刻槽,但松褐天牛侵入孔和羽化孔极少,故未统计马尾松较粗侧枝中的侵入孔和羽化孔数量[18]。同时,羽化孔的数量除了与侵入孔数量相关外,还受木质部含水量,自然天敌等因素影响,应用此回归方程估计林间成虫数量时,需根据实际调查情况进行校正。

参考文献:

[1] 肖刚柔. 中国森林昆虫[M]. 2 版. 北京:中国林业出版社, 1992.

[2] 张孝羲. 昆虫生态及预测预报[M]. 北京:农业出版社, 1985.

[3] 杨忠岐. 利用天敌昆虫控制我国重大林木害虫研究进展[J]. 中国生物防治,2004, 20(4) : 221 -227.

[4] 张世渊, 蔡道尧, 陆 高. 松褐天牛羽化历期和各虫态在被害树上的分布[J]. 森林病虫通讯, 2000, (5): 14 -16.

[5] 陈顺立, 王玲萍, 黄金聪, 等. 松墨天牛幼虫在马尾松树上垂直分布的研究[J]. 福建林学院学报, 2001, 21(4): 297 -300.

[6] 孟俊国, 刘 博, 徐华潮, 等. 松墨天牛幼虫在马尾松上的分布规律研究[J]. 浙江林业科技, 2012, 32(2): 41 -44.

[7] 杨子祥, 王健敏, 陈晓鸣, 等. 松墨天牛在云南松树干的垂直分布研究[J]. 林业科学研究, 2010, 23(4): 607 -611.

[8] 贾乃光. 数理统计. 2 版. 北京: 中国林业出版社, 1993.

[9] 唐艳龙, 杨忠岐, 姜 静, 等. 栗山天牛幼虫和蛹在辽东栎树干上的分布规律[J]. 林业科学, 2011, 47(3): 117 -123.

[10] Nakamura H. Oviposition habit of the Japanese pine sawyer *Monchamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae) II. Effect of bark thickness on making oviposition scars [J]. Japanese Journal of Entomology, 1995, 63(4): 739 -745.

[11] 钱范俊, 袁俊杰, 杜夕生. 云斑天牛产卵刻槽在杨树树干上的分布规律[J]. 中南林学院学报, 1997, 17(3): 82 -85.

[12] 杨建华, 陈 鹏, 李淑芳, 等. 云斑白条天牛产卵刻槽在美国山核桃树干上的分布[J]. 中国森林病虫, 2010, 29(2): 18 -20.

[13] 胡劭骥, 付达英, 李祖钦, 等. 松墨天牛刻痕在思茅松上的分布及影响因素[J]. 中国森林病虫, 2009, 28(6): 1 -3.

[14] 唐陆法. 千岛湖区松墨天牛的危害及分布规律[J]. 浙江林学院学报, 1998, 15(2): 176 -180.

[15] 邓 礼, 肖海雷, 胡志华, 等. 松褐天牛在湿地松树干上分布规律研究[J]. 2013, 36(4): 379 -382.

[16] Shibata E, Spatial distribution pattern of the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae), on dead pine trees[J]. Appl. Entomol., 1984, 19:361 -366.

[17] Hiroshi N, Naoto T, Hidetoshi O. Oviposition habitat of the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* Hope: I. Factors affecting the vertical distribution of oviposition scars in a pine tree[J]. Japanese Journal of Entomology, 1995, 63(3): 633 -640.

[18] 赵锦年. 松墨天牛幼虫生息坑道的研究[J]. 林业科学研究, 2005, 18(1): 62 -65.