

文章编号: 1001-1498(2010)04-0607-05

## 松墨天牛在云南松树干的垂直分布研究

杨子祥<sup>1</sup>, 王健敏<sup>1</sup>, 陈晓鸣<sup>1\*</sup>, 段兆尧<sup>2</sup>, 叶寿德<sup>1</sup>

(1. 中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 国家林业局资源昆虫培育与利用重点实验室, 云南 昆明 650224;

2. 云南省林业科学院, 云南 昆明 650204)

关键词: 松墨天牛; 产卵刻槽; 蛀入孔; 羽化孔; 云南松

中图分类号: S791.257 S763

文献标识码: A

## The Vertical Distribution Characteristics of *Monochamus alternatus* on *Pinus yunnanensis* Trunks

YANG Zi-xiang<sup>1</sup>, WANG Jian-min<sup>1</sup>, CHEN Xiao-ming<sup>1</sup>, DUAN Zhao-yao<sup>2</sup>, YE Shou-de<sup>1</sup>

(1. Research Institute of Resource Insects, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory of Breeding and Utilization of Resource Insects of State Forestry Administration, Kunming 650224, Yunnan, China; 2. Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650204, Yunnan, China)

**Abstract:** The vertical distribution characteristics of *Monochamus alternatus* on the trunks of infested *Pinus yunnanensis* were investigated both in field and laboratory. The results showed that the quantity distribution of oviposition scar in trunk was lower part > middle part > upper part; and the density distribution of oviposition scar had not significant difference ( $P > 0.05$ ). The quantity distribution of entrance hole in trunk was middle part > lower part > upper part; and the density distribution of entrance hole was upper part > middle part > lower part. The quantity distribution of exit hole in trunk was middle part > upper part > lower part; and the density distribution of exit hole was upper part > middle part > lower part. There were positive correlations between the quantities of oviposition scar or entrance hole in lower part of trunk and the entrance hole or exit hole in whole trunk, respectively. The linear regression equations of the quantity of oviposition scar in lower part ( $x_1$ ), the entrance hole in lower part ( $x_2$ ) and the quantity of oviposition scar in whole trunk ( $y_1$ ), the entrance hole in whole trunk ( $y_2$ ), the exit hole in whole trunk ( $y_3$ ) are  $y_1 = 7.117 + 2.283 x_1$ ,  $y_2 = 24.220 + 0.701 x_1$ ,  $y_3 = 8.794 + 0.434 x_1$ ,  $y_2 = 28.805 + 2.211 x_2$ ,  $y_3 = 20.367 + 0.778 x_2$ . All partial correlations had reached the very significant level.

**Key words:** *Monochamus alternatus*; oviposition scar; entrance hole; exit hole; *Pinus yunnanensis*

松墨天牛(*Monochamus alternatus* Hope) (又名松褐天牛、松天牛)属鞘翅目,天牛科,墨天牛属,是松属树种如马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)、黑松(*P. thunbergii* Parl.)、云南松(*Pinus yunnanensis* Franch)和思茅松(*P. kesiya* var. *langbianensis*(A. chev.) Gaussen)等的重要蛀干害虫,主要危害生长

衰弱的树木或新伐倒木,造成松树枯死,同时还传播松材线虫(*Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhrer) Nickle)萎蔫病<sup>[1-2]</sup>。松墨天牛在云南主要危害云南松,目前分布范围已经扩展到43县(市),并在部分地方成灾,加大了松材线虫病传入的可能性<sup>[3]</sup>。松墨天牛在滇中地区1年1代,雌成虫在树干上咬

收稿日期: 2010-01-12

基金项目: 国家林业局公益性行业专项(200904052);云南省应用基础研究重点项目(2006C0015Z);国家林业局“948”引进项目(2009-4-37)

作者简介: 杨子祥(1968—),男,贵州安顺人,博士,副研究员,主要从事资源昆虫学研究. E-mail: yzx1019@163.com

\* 通讯作者: 陈晓鸣,男,研究员,博士生导师,主要从事资源昆虫学研究. E-mail: xmchen@vip.kml69.net

出长椭圆刻槽,将卵产在刻槽中部的表皮层下,幼虫生长发育至一定阶段蛀入木质部,在边材表面留下椭圆形的蛀入孔;蛀入木质部的幼虫在蛀道内取食,老熟幼虫在蛀道末端构筑蛹室化蛹,成虫从蛹室向外咬出近圆形的羽化孔爬出<sup>[4-5]</sup>。松墨天牛是典型的钻蛀性害虫,调查和防治非常困难。前人曾经对松墨天牛在马尾松和思茅松上的分布规律进行了研究<sup>[6-8]</sup>,但这些研究是某一时间段天牛的危害痕迹或幼虫在树干上的分布,对于天牛产卵刻槽、蛀入孔和羽化孔的数量关系,目前还没有相关报道。本文对松墨天牛的产卵刻槽、蛀入孔和羽化孔在云南松树干的垂直分布规律及其数量关系进行了调查分析,旨在为松墨天牛的林间调查和防治提供参考。

## 1 调查地概况

调查地点位于云南省昆明市北部金殿林区,地理坐标为 25°03′ 25°05′ N, 102°47′ 102°48′ E, 海拔 2 040 2 090 m。调查区域为 18 22 年生云南松天然次生林,林分郁闭度 0.3 0.8, 树高 4.0 9.0 m, 胸径 5.0 12.0 cm, 近年来受松墨天牛为害严重。

## 2 材料和方法

### 2.1 调查方法

2008 年 2—4 月和 2009 年 2—4 月,在昆明金殿林区随机选择受松墨天牛严重危害的云南松,测量树高、地径和胸径等指标,标明树干的朝向,沿地面伐倒树干,按树干在林间的东、南、西、北朝向,从基部开始每 1 m 为一段,统计树皮上的产卵刻痕数量,一直统计到梢部直径为 3 cm 处止。将树木运回室内,室温下放置,待天牛羽化后,剥去树皮,从基部开始每 0.5 m 为一段,测量每段中部的周长,详细统计每段的蛀入孔数和羽化孔数。

共调查受害云南松 42 株,树干长度 2.60 m 至 7.75 m, 平均树干长 3.83 m (3.83 ± 1.26); 胸径 4.71 cm 至 11.78 cm, 平均胸径 7.70 cm (7.70 ± 1.68); 下段、中段、梢段的中部直径平均为 8.47、7.00、5.00 cm, 每段平均长度 1.27 m。中段树皮厚度平均约为 0.3 cm。

### 2.2 数据统计方法

2.2.1 树干的分段统计 由于树干长度不一致,在分析时以树干总长度为 1,从基部开始往上 1/3 处为

下段,1/3 至 2/3 处为中段,2/3 至顶端为梢段,统计每段的产卵刻槽、蛀入孔和羽化孔数量。

2.2.2 树干表面积的计算 将每一段树干视为近似圆柱体,用每一段的中部周长乘以该段的长度作为该段的表面积。

2.2.3 数据分析 采用 SPSS 13.0 统计分析软件对数据进行分析,计算重复数据的平均数和标准差值,对产卵刻槽、蛀入孔和羽化孔间的数量关系进行回归分析,并利用 *t* 检验或者 *F* 检验比较数值间的差异性。

## 3 结果与分析

松墨天牛产卵刻槽、蛀入孔和羽化孔在云南松树干上的分布是全株型<sup>[7]</sup>,从基部一直分布到直径为 3 cm 的梢部。当梢部树干直径小于 5 cm 时,松墨天牛的蛀入孔、羽化孔数量明显减少;当梢段直径小于 3 cm 时,虽然偶尔有产卵刻槽,但没有发现蛀入孔或羽化孔。

### 3.1 产卵刻槽在树干上的分布

调查的云南松整株产卵刻槽数量介于 40 318 个之间,平均每株产卵刻槽数量为 148.38 个,其中下段 61.88 个、中段 54.25 个、梢段 32.25 个(表 1),分别占总产卵刻槽数的 41.70%、36.56% 和 21.73%。产卵刻槽在树干上的数量分布特征为:下段 > 中段 > 梢段,其中下段与梢段差异极显著 ( $t = 3.817, P < 0.01$ ),中段与梢段差异显著 ( $t = 2.479, P < 0.05$ ),中段与下段差异不显著 ( $t = 0.604, P > 0.05$ ),表明产卵刻槽下段和中段多,梢段较少。

各段单位面积上的产卵刻槽数量依次为:下段 171.59 个·m<sup>-2</sup>,中段 193.81 个·m<sup>-2</sup>,梢段 167.73 个·m<sup>-2</sup>(表 1),两两差异均不显著 ( $t_{下中} = 0.503, P > 0.05$ ;  $t_{下梢} = 0.091, P > 0.05$ ;  $t_{中梢} = 0.61, P > 0.05$ ),表明产卵刻槽的密度分布在树干各部位间没有显著差异。

树干不同方位上的产卵刻槽数量见表 2,平均每株树干上的产卵刻槽数量为 148.38 个,其中树干东面 33.62 个,南面 37.63 个,西面 42.75 个,北面 34.38 个,从数量上看,树干西南方向的产卵刻槽较东北方向多。经单因素方差分析 (one-way ANOVA),产卵刻槽数量在不同方向上差异不显著 ( $F = 0.128; P = 0.943$ ),各方位上的数量两两比较差异也不显著,表明树干的方位对松墨天牛的产卵选择没有明显影响。

表1 松墨天牛产卵刻槽、蛀入孔和羽化孔在云南松树干的分布

树干部位		下段	中段	梢段	合计
产卵刻槽	数量/个	61.88 ±43.69 a	54.25 ±45.41 a	32.25 ±27.86 b	148.38 ±108.87
	密度/(个·m <sup>-2</sup> )	171.59 ±80.45 a	193.81 ±130.64 a	167.73 ±142.80 a	
蛀入孔	数量/个	27.90 ±19.68 a	35.76 ±21.63 b	26.83 ±15.28 a	90.49 ±50.01
	密度/(个·m <sup>-2</sup> )	83.00 ±48.68 a	125.32 ±40.42 b	135.20 ±46.92 b	
羽化孔	数量/个	11.98 ±8.17 ab	16.21 ±9.96 c	13.88 ±8.16 ac	42.07 ±21.89
	密度/(个·m <sup>-2</sup> )	36.48 ±22.95 a	58.77 ±29.02 b	72.62 ±33.64 c	
生存率/% (羽化孔/蛀入孔 ×100%)		45.90 ±18.96 a	47.84 ±22.91 a	54.46 ±20.13 b	

注:表中不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ), ±前的数值为平均值, ±后为标准差。

表2 松墨天牛产卵刻槽在云南松树干不同方位的分布

树干方位	东	南	西	北	合计
平均数量/个	33.62 ±24.06 a	37.63 ±28.50 a	42.75 ±48.89 a	34.38 ±23.12 a	148.38 ±108.87

注: ±前的数值为平均值, ±后为标准差。

### 3.2 蛀入孔在树干上的分布

调查的云南松整株蛀入孔数量介于 20 雌 249 个之间, 平均每株蛀入孔数 90.49 个, 其中下段 27.90 个, 中段 35.76 个, 梢段 26.83 个(表 1), 分别占总蛀入孔数的 30.83%、39.52% 和 29.65%。蛀入孔在树干上的数量分布特征为: 中段 > 下段 > 梢段, 其中中段与下段、中段与梢段的差异极显著 ( $t_{下中} = 3.712, P < 0.01$ ;  $t_{中梢} = 3.843, P < 0.01$ ), 但下段与梢段的差异不显著 ( $t = 0.371, P > 0.05$ ), 表明天牛的蛀入孔更多的集中在中段, 下段和梢段相对较少。

单位面积上各段的蛀入孔数量依次为: 下段 83.00 个·m<sup>-2</sup>, 中段 125.32 个·m<sup>-2</sup>, 梢段 135.20 个·m<sup>-2</sup>(表 1), 下段与中段、下段与梢段的密度差异极显著 ( $t_{下中} = 7.324, P < 0.01$ ;  $t_{下梢} = 6.617, P < 0.01$ ), 中段与梢段的密度差异不显著 ( $t = 1.675, P > 0.05$ ), 表明蛀入孔密度在树干的分布为下段较低, 中段和梢段较高, 但中段与梢段差异不显著。

### 3.3 羽化孔在树干上的分布

调查的云南松整株羽化孔数量介于 3 雌 115 个之间, 平均每株羽化孔数量为 42.07 个, 其中下段 11.98 个、中段 16.21 个、梢段 13.88 个(表 1), 分别

占总羽化孔数的 28.47%、38.54% 和 32.99%。羽化孔在树干上的数量分布特征为: 中段 > 梢段 > 下段, 其中中段与下段的差异极显著 ( $t = 3.721, P < 0.01$ ), 但中段与梢段的差异不显著 ( $t = 1.851, P > 0.05$ ), 下段与梢段的差异不显著 ( $t = 1.253, P > 0.05$ ), 表明羽化孔数量为树干中段最多, 下段和梢段较少。

单位面积上各段的羽化孔数量依次为: 下段 36.48 个·m<sup>-2</sup>, 中段 58.77 个·m<sup>-2</sup>, 梢段 72.62 个·m<sup>-2</sup>(表 1), 两两差异极显著 ( $t_{下中} = 6.25, P < 0.01$ ;  $t_{下梢} = 7.088, P < 0.01$ ,  $t_{中梢} = 3.602, P < 0.01$ ), 表明羽化孔密度在不同部位间差异显著, 从下段、中段到梢段逐渐增加, 梢段密度约为下段的 2 倍。

### 3.4 产卵刻槽、蛀入孔和羽化孔数量的回归分析

松墨天牛产卵刻槽、蛀入孔和羽化孔的数量在株间差异很大, 但对某一株受害木而言, 相关分析表明: 产卵刻槽、蛀入孔和羽化孔的数量及各段的数量存在明显的相关关系。采用线性回归得到下段产卵刻槽、蛀入孔、羽化孔数与整株产卵刻槽、蛀入孔、羽化孔数量间的回归方程(表 3), 相关系数均大于  $r_{0.01} = 0.393$ , 为极显著相关。

表3 整株蛀入孔、羽化孔数量与下段蛀入孔、羽化孔的回归方程

$x$	$y$	回归方程	相关系数 ( $R$ )
下段产卵刻槽数 $x_1$	整株产卵刻槽数 $y_1$	$y_1 = 7.117 + 2.283 x_1$	0.716 **
下段产卵刻槽数 $x_1$	整株蛀入孔数 $y_2$	$y_2 = 24.220 + 0.701 x_1$	0.651 **
下段产卵刻槽数 $x_1$	整株羽化孔数 $y_3$	$y_3 = 8.794 + 0.434 x_1$	0.556 **
下段蛀入孔数 $x_2$	整株蛀入孔数 $y_2$	$y_2 = 28.805 + 2.211 x_2$	0.870 **
下段蛀入孔数 $x_2$	整株羽化孔数 $y_3$	$y_3 = 20.367 + 0.778 x_2$	0.699 **
下段羽化孔数 $x_3$	整株羽化孔数 $y_3$	$y_3 = 16.853 + 2.106 x_3$	0.786 **

注: \*\* 表示相关达极显著水平  $P < 0.01$ 。

由于树干下段的危害痕迹比较容易调查,根据下段产卵刻槽、蛀入孔或羽化孔的数量来估计整株的蛀入孔和羽化孔数量,有助于快速掌握林间的虫口数量,制定合理的防治方案。

### 3.5 幼虫和蛹在树干内的生存率

松墨天牛幼虫蛀入木质部后,由于病菌感染、天敌寄生或其他原因,总会有些幼虫或蛹不能正常生长和羽化出孔。因此,羽化孔与蛀入孔的比值反映了幼虫和蛹的自然生存率<sup>[9]</sup>。在该研究中,松墨天牛幼虫(蛹)的平均生存率为49.40%,其中下段45.90%,中段47.84%,梢段54.46%(表1),下段生存率与中段差异不显著( $t=0.597, P>0.05$ ),但下段与梢段、中段与梢段差异显著( $t_{下梢}=2.215, P<0.05$ ;  $t_{中梢}=2.102, P<0.05$ ),表明梢段的生存率比中段和下段高,但中段与下段的生存率差异不大。

### 3.6 蛀入孔、羽化孔数量与树干胸径的关系

在调查的42株受害云南松中,胸径大小介于4.71 鹎 11.78 cm之间。经观察,树干上的蛀入孔( $y_2$ )、羽化孔( $y_3$ )数量随胸径( $x$ )的增大而增多,线性回归分析得到回归方程为: $y_2 = -37.7 + 16.64x$ , ( $r=0.559^{**}$ ),  $y_3 = -10.93 + 6.88x$  ( $r=0.528^{**}$ ), 相关系数均大于  $r_{0.01}=0.393$ , 表明树干蛀入孔、羽化孔数量与胸径为极显著相关,在一定胸径范围内,天牛的数量随着树干胸径的增加而增加。

## 4 结论与讨论

### 4.1 松墨天牛产卵刻槽、蛀入孔和羽化孔的分布特征及形成原因

天牛产卵刻槽的垂直分布主要与树皮厚度有关<sup>[10-11]</sup>,松墨天牛多选择在0.2 鹎 0.4 cm的树皮厚度处产卵<sup>[12]</sup>。前人的研究结果表明:松墨天牛的产卵刻槽以树干中部最多,下段次之,梢段最少<sup>[8]</sup>;该研究的结果虽然中部平均密度较下段和梢段高,但差异不显著,这可能与松树生长状况有关。该所调查的云南松虽然为18 鹎 22年生,但生长不良,平均胸径仅为7.70 cm,中段树皮厚度平均约为0.3 cm,最适合天牛产卵,所以中段的产卵刻槽密度最大,下段和梢段的树皮厚度稍厚或稍薄,但仍然在适合天牛产卵的范围内,因此各段的密度差异不显著;在数量分布上,下段产卵刻槽比中段稍多,梢段最少,这主要是因为下段的直径比中段和梢段大,表面积不同而引起。

由于天牛的卵、幼虫和蛹均在树干内生活,受环境和天敌影响较小,成活率较高;同时由于受树干的限制,天牛幼虫在树干内移动的距离有限,幼虫的蛀道长度仅为5.5 鹎 15.5 cm<sup>[13]</sup>,因此天牛产卵刻槽的分布也直接影响和决定了蛀入孔和羽化孔的分布。松墨天牛的产卵刻槽一般每个有1粒卵,个别有2 鹎 4粒卵,另有30% 鹎 45%的刻槽没有卵<sup>[5,12,14]</sup>;在卵的孵化和幼虫生长过程中,仍然会受到营养状况和寄生蜂等天敌的影响。根据王玲萍<sup>[13]</sup>的研究:松墨天牛在马尾松树干内卵的孵化率为86.18%,孵化后的幼虫只有31.68%能进入木质部,各段的孵化率或蛀入率的差异可能是造成蛀入孔与产卵刻槽分布特征不一致的原因。幼虫蛀入木质部后,受环境因素的影响较小,生存率较高<sup>[9]</sup>,因此羽化孔和蛀入孔出现了相似的分布特征:从数量上看,均为中段最高,下段和梢段较低;从密度上看,梢段最高,中段次之,下段最低。这也是产卵刻槽、蛀入孔和羽化孔在数量上存在显著相关关系的生物学基础。

### 4.2 松墨天牛的林间调查方法探讨

松墨天牛是典型的钻蛀性害虫,除成虫期外,其他虫态均在树干内取食危害,林间调查和防治极为困难。天牛在取食危害的过程中,会生产产卵刻槽、蛀入孔和羽化孔等危害痕迹,危害痕迹调查法是钻蛀性害虫的重要调查方法之一。与蛀入孔、羽化孔的调查相比,产卵刻槽的调查不需要剥树皮,方便快捷,尤其下段的调查更为方便。该研究通过对危害痕迹的跟踪调查和分析,建立了下段产卵刻槽、蛀入孔或羽化孔与整株产卵刻槽、蛀入孔或羽化孔间的回归方程,差异均达到极显著相关水平,为松墨天牛的林间虫情调查和危害程度估计提供了一种方便快捷的方法。

需要注意的是:虽然产卵刻槽数量与蛀入孔、羽化孔数量的相关关系极显著,但由于无效产卵刻槽的存在<sup>[5,12]</sup>,采用产卵刻槽来估计蛀入孔或羽化数量,可能会产生较大的误差。天牛幼虫进入木质部后,受环境条件和天敌影响较小,种群数量基本稳定<sup>[9]</sup>,因此根据蛀入孔数量来估计天牛羽化的数量更为准确。另外,当利用下段产卵刻槽或蛀入孔数量来估计全株蛀入孔和羽化孔数量时,由于较粗的侧枝上也会有少量蛀入孔和羽化孔<sup>[15]</sup>,因此估计结果会偏低。天牛羽化的数量除了与蛀入幼虫的数量有关外,还与树干水分含量、天敌寄生等关系密切,

该调查结果仅反映了将受害树干整株存放于室内的羽化数量, 林间的实际羽化数量可能有偏差, 当应用回归方程估计整株蛀入孔和羽化孔数量时, 需要根据林间实际调查结果进行校正。

#### 参考文献:

- [1] 杨宝君, 潘宏阳, 汤 坚, 等. 松材线虫病[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003
- [2] 丁玉洲, 吕传海, 韩 斌, 等. 树木生长势与松墨天牛种群密度及松材线虫发病程度的关系[J]. 应用生态学报, 2001, 12(3): 351 - 354
- [3] 赵宇翔, 董 燕, 徐正会. 云南省松墨天牛生物学特性和地理分布研究[J]. 中国森林病虫, 2004, 23(5): 13 - 17
- [4] 张永慧, 赫德君, 王 焱, 等. 松墨天牛成虫交配与产卵行为的观察[J]. 昆虫知识, 2006, 43(1): 47 - 50
- [5] 李祖钦, 周平阳, 李丽洁, 等. 松墨天牛成虫在思茅松上的补充营养和产卵习性[J]. 植物检疫, 2009, 23(6): 21 - 24
- [6] 陈顺立, 王玲萍, 黄金聪. 松墨天牛幼虫在马尾松树垂直分布的研究[J]. 福建林学院学报, 2001, 21(4): 297 - 300
- [7] 李大岔. 松墨天牛在马尾松上垂直分布及防治要点[J]. 林业勘察设计(福建), 2004(2): 88 - 89
- [8] 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
- [9] 张世渊, 蔡道尧, 陆 高. 松褐天牛羽化历期和各虫态在被害树干上的分布[J]. 森林病虫通讯, 2000, 19(5): 14 - 16
- [10] 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
- [11] 温俊宝, 叶 刚, 李镇宇, 等. 杨树受光肩星天牛危害程度与树皮厚度的关系[J]. 河北林果研究, 1998, 13(2): 136 - 140
- [12] 柴希民, 何志华, 李春才, 等. 松墨天牛成虫产卵特性研究[J]. 北京林业大学学报, 1997, 19(2): 69 - 72
- [13] 王玲萍. 松墨天牛生物学特性的研究[J]. 福建林业科技, 2004, 31(3): 23 - 26
- [14] 赵锦年. 松墨天牛成虫行为反应的研究[J]. 林业科学研究, 2005, 18(5): 628 - 631
- [15] Hiroshi N, Naoto T, Hidetoshi O. Oviposition habit of the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera, Cerambycidae): I. Factors affecting the vertical distribution of oviposition scars in a pine tree[J]. Japanese Journal of Entomology, 1995, 63(3): 633 - 640