

DOI:10.12403/j.1001-1498.20230228

# 山西沁水县松墨天牛发生危害规律

高瑞贺<sup>1,2</sup>, 刘佳奇<sup>1,2</sup>, 刘磊<sup>1,2</sup>, 范世明<sup>1,2</sup>, 崔浩<sup>3</sup>,  
董小姣<sup>3</sup>, 刘燕<sup>3</sup>, 张志伟<sup>1,2\*</sup>

(1. 山西农业大学林学院, 山西 晋中 030800; 2. 山西省林业危险性有害生物检验鉴定中心, 山西 晋中 030800;  
3. 山西省沁水县林业局, 山西 沁水 048200)

**摘要:** [目的] 本研究旨在明确山西省沁水县松墨天牛发生规律及危害特征, 为有效防控松墨天牛在山西省内进一步扩散蔓延并阻断松材线虫入侵山西省提供理论科学依据。[方法] 于 2019—2022 年, 采用“动态监测法”连续 4 a 悬挂松墨天牛诱捕器监测松墨天牛成虫种群发生动态并分析成虫形态特征; 结合“总有效积温定律”和气象数据, 推算山西省沁水县松墨天牛发生世代数; 建立 24 块标准样地, 采用“每木检尺法”调查样地内的乔木树种遭受松墨天牛危害情况, 同时选取 36 株危害致死的白皮松进行立木解剖, 以明确松墨天牛在寄主树种白皮松上的发生危害规律。[结果] 山西省沁水县松墨天牛雌雄成虫的鞘翅长、触角长、触角长/体长、胫节长、股节长这 5 个指标在雌雄之间的差异达到显著水平, 可使用松墨天牛成虫“触角长/体长”作为松墨天牛性别判定的形态指标; 松墨天牛在山西省沁水县约为 1 年 1 代, 松墨天牛成虫的发生期约为 5 月下旬至 10 月上旬, 其中始见期为 5 月下旬, 始盛期为 6 月中旬, 羽化高峰期为 6 月中旬至 7 月中下旬, 盛末期为 7 月中下旬, 终见期为 10 月上旬; 在山西省沁水县, 松墨天牛主要危害径级为 2.50~17.50 cm 白皮松树, 其中幼虫主要分布于树干 0~1 m (41.54%) 处, 羽化孔则主要集中于树干 1~2 m (28.62%) 范围内。[结论] 松墨天牛在山西省沁水县发生世代约为 1 年 1 代, 雌雄成虫形态特征差异显著; 成虫发生期约为 5 月下旬至 10 月上旬, 羽化高峰期主要集中在 6 月中旬至 7 月中下旬; 松墨天牛在山西省沁水县主要危害白皮松树, 幼虫虫口密度和羽化孔数量主要集中在树干 0~2 m 范围内。

**关键词:** 松墨天牛; 松材线虫病; 危害特征; 种群动态

**中图分类号:** Q958.15; S154.5

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-1498(2024)01-0194-09

在我国, 松墨天牛 (*Monochamus alternatus* Hope) 是马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.)、黑松 (*P. thunbergia* Parl.)、赤松 (*P. densiflora* Siebold & Zucc.)、华山松 (*P. armand* Franchi) 等松科植物蛀干害虫<sup>[1-2]</sup>, 同时也是国际重大森林检疫性有害生物松材线虫 (*Bursaphelenchus xylophilus*) 在东南亚地区最主要的媒介昆虫<sup>[3-6]</sup>, 该虫在松材线虫扩散和侵染过程中起着携带、传播和协助病原侵入寄主植物的关键性作用<sup>[7-12]</sup>。当

前, 松材线虫病疫情防控工作已然成为我国林业有害生物防控中的重大科技难题, 而对松材线虫主要媒介昆虫松墨天牛的有效防治是除治松材线虫病最关键的环节之一<sup>[9,11-15]</sup>。早在 2003 年松墨天牛就已被列入“全国林业危险性有害生物名单”。

松墨天牛在我国主要分布于热带、亚热带以及温带的 19 个省 (自治区、直辖市), 历史认为分布的北界是河北省和山东省, 虽然推测在山西省可能有松墨天牛分布, 但从未曾发现有松墨天牛野外

收稿日期: 2023-05-26 修回日期: 2023-06-07

基金项目: 山西省回国留学人员科研资助项目 (2023-087); 山西省应用基础研究计划青年科技研究基金 (20210302124062); 山西省高等学校科技创新项目 (2021L128); 山西农业大学科技创新基金项目 (2017YJ20)

作者简介: 高瑞贺, 博士, 副教授。主要研究方向: 林木有害生物综合治理。电话: 13233449069 Email: gaoruihe1989@163.com

\* 通讯作者: 张志伟, 博士, 教授。主要研究方向: 林业有害生物控制与资源利用。电话: 15034663072 Email: zhiweizhang2012@163.com

种群<sup>[16-18]</sup>。然而, 山西省于 2018 年首次发现松材线虫病重要媒介昆虫——松墨天牛野外种群, 当年晋城市沁水县有 4 888 株白皮松 (*P. bungeana* Zucc.ex Endl) 遭受松墨天牛危害致死, 且虫口密度大、寄主植物死亡率高<sup>[19]</sup>。与此同时, 随着松墨天牛在山西省成功定殖, 松材线虫全面入侵山西省也成为了可能, 严重威胁着山西省及我国北方地区松树资源的生态安全。山西省林草局已把松墨天牛列入“山西省补充林业检疫性有害生物”名单。

截止到 2023 年 3 月, 山西省松墨天牛发生危害区域仍集中在晋城市沁水县内, 尚未出现向省内其它区域传播扩散态势。鉴于此, 本研究拟深入明确松墨天牛在山西省的危害特征及发生规律, 采用松墨天牛诱捕器动态监测、危害木解剖和数据预测模型等方法, 旨在: 1) 分析山西省松墨天牛成虫

的形态特征; 2) 明晰山西省松墨天牛成虫发生历期; 3) 计算山西省松墨天牛发生世代数; 4) 明确松墨天牛在寄主树种白皮松上的发生危害特征。本研究结果可为有效防控松墨天牛在山西省内进一步扩散蔓延并阻断松材线虫对山西省的入侵提供理论科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 松墨天牛寄主树种调查

在晋城市沁水县大尖山林场松墨天牛危害区域内, 建立 24 块 30 m × 30 m 的调查样地 (表 1), 采用“每木检尺法”对样地内的乔木树种 ( $DBH \geq 2.5$  cm) 进行测量, 同时调查树木是否遭受松墨天牛危害, 并统计危害木上松墨天牛产卵刻槽数、幼虫虫口密度及羽化孔数量。

表 1 山西省沁水县松墨天牛发生危害区域林分概况

Table 1 The characteristic of forest stands damaged by *M. alternatus* in Qinshui County Shanxi Province

样地 Plots	海拔 Altitude/m	坡度 Slope/ (°)	郁闭度 Canopy density	白皮松密度 The density of <i>P. bungeana</i> / (tree·hm <sup>-2</sup> )	侧柏密度 The density of <i>Platycladus orientalis</i> / (tree·hm <sup>-2</sup> )	油松密度 The density of <i>P. tabuliformis</i> / (tree·hm <sup>-2</sup> )	乔木总密度 The total density of tree/ (tree·hm <sup>-2</sup> )
1	1 099	23	0.50	422.22	466.67	44.44	933.33
2	1 092	31	0.39	477.78	677.78	0	1 155.56
3	1 099	22	0.40	377.78	844.44	88.89	1 311.11
4	1 102	19	0.40	622.22	577.78	0	1 200.00
5	1 111	13	0.50	366.67	655.56	11.11	1 033.33
6	1 078	23	0.50	744.44	655.56	0	1 400.00
7	1 099	12	0.60	133.33	1 044.44	622.22	1 800.00
8	1 102	6	0.45	166.67	1 166.67	255.56	1 588.89
9	1 101	4	0.50	233.33	788.89	0	1 022.22
10	1 098	9	0.40	477.78	544.44	0	1 022.22
11	1 084	7	0.40	388.89	800.00	11.11	1 200.00
12	1 087	7	0.67	355.56	477.78	122.22	955.56
13	1 032	19	0.52	277.78	844.44	0	1 122.22
14	1 025	29	0.50	166.67	677.78	0	844.44
15	1 024	18	0.66	133.33	611.11	66.67	811.11
16	1 021	10	0.47	222.22	566.67	0	788.89
17	1 104	10	0.45	322.22	388.89	33.33	744.44
18	1 103	12	0.53	388.89	677.78	22.22	1 088.89
19	1 115	13	0.51	388.89	711.11	22.22	1 122.22
20	1 074	11	0.56	322.22	800.00	22.22	1 144.44
21	1 089	14	0.61	311.11	855.56	111.11	1 277.78
22	1 094	10	0.68	411.11	655.56	33.33	1 100.00
23	1 120	12	0.68	366.67	788.89	55.56	1 211.11
24	1 121	12	0.71	411.11	833.33	44.44	1 288.89

## 1.2 松墨天牛虫体形态特征测定

将收集到的松墨天牛成虫带回实验室内, 分别测定雌雄成虫虫体的体长、头宽、体宽、前胸背板宽、鞘翅长、触角长和上颚长。

## 1.3 松墨天牛成虫发生历期监测

于2019—2022年3月中旬至10月下旬, 在松墨天牛发生危害区域累计悬挂24个松墨天牛诱捕器和植物源引诱剂(中捷四方生物科技股份有限公司), 进行为期4a的松墨天牛成虫种群动态监测实验。监测期间, 松墨天牛诱芯每隔30d更换一次, 每隔7d记录诱捕器内诱集到的松墨天牛成虫数量, 并将收集的虫体带回实验室内进行鉴定。

此外, 通过查阅相关文献, 分析山西省沁水县松墨天牛成虫发生历期与辽宁<sup>[20]</sup>、山东<sup>[21]</sup>、湖北<sup>[22]</sup>、江苏<sup>[23]</sup>、安徽<sup>[24]</sup>、湖南<sup>[25-26]</sup>、四川<sup>[27]</sup>、贵州<sup>[28]</sup>、江西<sup>[29]</sup>、广东<sup>[30]</sup>、云南<sup>[31]</sup>等地松墨天牛成虫发生历期差异情况。

## 1.4 松墨天牛发生世代推算

本研究根据“总有效积温定律”(公式1)<sup>[32]</sup>, 来计算松墨天牛发育速率( $1/D$ )和温度( $T$ )之间的线性关系(公式2), 将公式2简化后得到公式3, 通过计算系数 $a$ 、 $b$ 值来最终可估计松墨天牛各虫态的总发育起点温度( $LT$ )和总有效积温( $K$ )。此外, 根据已报道的松墨天牛不同虫态发育历期<sup>[33]</sup>, 可计算出松墨天牛从卵到蛹阶段的总发育历期和总发育速率, 构建发育速率与温度之间的线性关系, 进而计算出松墨天牛总发育起点温度( $LT$ )和总有效积温( $K$ ), 再结合沁水县的气象资料推算出松墨天牛在该地区的世代数(公式4)。

$$D(T - LT) = K \quad (1)$$

$$1/D = -LT/K + T/K \quad (2)$$

$$1/D = aT + b \quad (3)$$

$$N = \sum N_i(T_i - LT)/K \quad (4)$$

式中,  $D$ 为昆虫平均发育历期,  $T$ 为温度,  $LT$ 为发育起点温度,  $K$ 为有效积温,  $a$ 、 $b$ 为参数,  $N$ 为世代数,  $N_i$ 为 $i$ 月的天数,  $T_i$ 为 $i$ 月的月平均温度。

## 1.5 松墨天牛在寄主植物上的危害特征调查

于2022年6—7月和2023年3月, 在调查样地内随机选取36株因松墨天牛致死的寄主树种, 将其从树干基部锯倒后, 从危害木的基部向端

部截成长度为40cm长的木段, 按照顺序进行编号。首先, 记录每节木段上松墨天牛的羽化孔的数量和相对高度; 继而, 利用液压劈木机解剖各木段, 并用斧头将木段劈开成2cm的薄片, 记录松墨天牛幼虫的数量和相对高度; 最后, 将收集的幼虫装入打孔的5mL离心管中, 带回实验室内采用形态鉴定和分子鉴定的方法确定其为松墨天牛幼虫。

## 1.6 数据处理

本研究获得的相关调查数据使用Microsoft office 2020软件进行整理, 采用SPSS 22.0软件完成松墨天牛雌、雄成虫形态指标进行单变量方差分析(ANOVA)和Fisher最小显著差异检验(LSD), 文中相关作图使用Origin 2022和Graph Pad 6.0软件完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 山西省松墨天牛成虫形态特征分析

分析山西省沁水县松墨天牛成虫形态特征可知(图1), 雌雄成虫的头宽、体宽、前胸背板宽、体长及上颚长度均差异不显著, 但成虫的鞘翅长、触角长、触角长/体长、胫节长、股节长这5个指标在雌雄之间的差异达到显著水平(图2)。此外, 松墨天牛雌、雄成虫触角长和体长比值的差异达到极显著水平, 二者数值变化范围分别为1.10~1.55和1.89~4.11, 且二者之间没有重叠的数据, 因此可使用松墨天牛成虫“触角长/体长”这一形态指标作为松墨天牛性别判定的指标。

### 2.2 山西省沁水县松墨天牛成虫发生历期

据2019—2022年松墨天牛成虫诱捕数量可知, 近4年山西省沁水县松墨天牛成虫虫口密度呈现先上升后下降的变化趋势(图3), 其中2019年全年共诱集松墨天牛成虫1309头, 2020年诱



图1 山西省沁水县松墨天牛雄成虫(左)和雌成虫(右)  
Fig. 1 The adult of male (left) and female (right) of *M. alternatus* in Qinshui County Shanxi Province

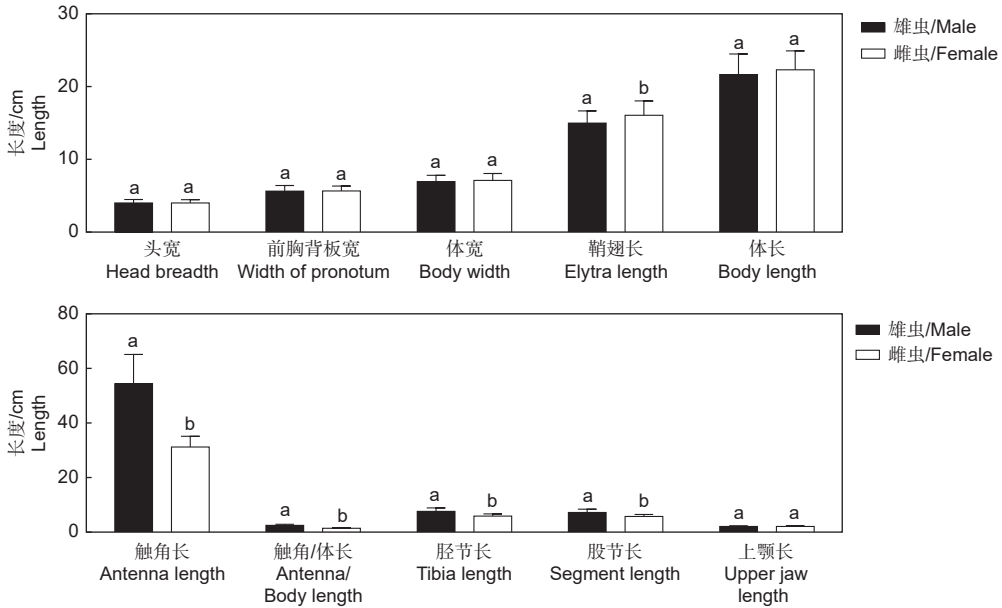


图 2 山西省沁水县松墨天牛成虫形态特征比较

Fig. 2 Comparison of morphological characteristics of *M. alternatus* adults in Qinshui County Shanxi Province

捕松墨天牛成虫数量急剧上升至 6 621 头, 较 2019 年增加了 4 倍, 随后两年松墨天牛成虫诱捕数量开始逐步下降, 到 2022 年全年只诱集到 907 头松墨天牛成虫。进一步分析松墨天牛成虫发生历期可知, 山西省沁水县松墨天牛种群成虫的发生期约为 5 月下旬至 10 月上旬, 其中始见期为 5 月下旬, 始盛期为 6 月中旬, 羽化高峰期为 6 月中旬至 7 月中下旬, 盛末期为 7 月中下旬, 终见期为 10 月上旬 (图 4)。

分析我国不同地理种群松墨天牛成虫发生历期可知 (表 2), 我国各地松墨天牛种群的发生期和发生高峰期随着纬度的变化而产生较大的差异。整体而言, 随着纬度的增加, 各地的松墨天牛种群始见期逐渐推迟, 发生高峰期也随之推迟, 发生期时

长却有所缩短。广东云浮地区, 全年可见松墨天牛成虫; 江西全南、南康和云南西昌始见期较早, 在 3 月下旬到 4 月中旬; 山西沁水松墨天牛种群的始见期较晚, 在 5 月末至 6 月初, 其余地区均在 4 月下旬到 5 月中旬; 同时, 松墨天牛种群羽化高峰期随纬度增加逐渐后推, 广东云浮的羽化高峰期最早, 在 4 月上旬; 云南西昌和山东长岛地区最晚, 在 7 月上旬; 部分地区出现两个羽化高峰期, 如江西南康、全南和广东云浮等地区。

### 2.3 山西省松墨天牛种群发生世代推算

本研究得到松墨天牛发育速率 ( $1/D$ ) 和温度 ( $T$ ) 之间的线性关系, 即  $1/D = 0.11 \times 10^{-2} T - 0.14 \times 10^{-1}$ 。此外, 松墨天牛各虫态的总发育起点温度 ( $LT$ ) 为  $12.73\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 其从卵到成虫完成 1 代所需要的有效积温 ( $K$ ) 为  $1\ 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 计算得到山西省松墨天牛理论世代约为 1 年 1.05 代 (表 3)。

### 2.4 松墨天牛在寄主植物白皮松上的危害特征分析

本研究在 24 块标准地中共调查了 1 540 株侧柏、764 株白皮松和 141 株油松, 其中在 196 株白皮松树上发现松墨天牛危害状, 松墨天牛危害率约为 25.65%。分析白皮松树的径级发现 (图 5), 在 2.50~27.50 cm 径级内均有遭受松墨天牛危害的白皮松树, 其危害比例范围在 9.52%~32.10% 之间; 其中, 遭受松墨天牛危害较为严重的径级为 2.50~17.50 cm, 在径级大于 27.51 cm 的白皮松树上没有发现有松墨天牛的危害。

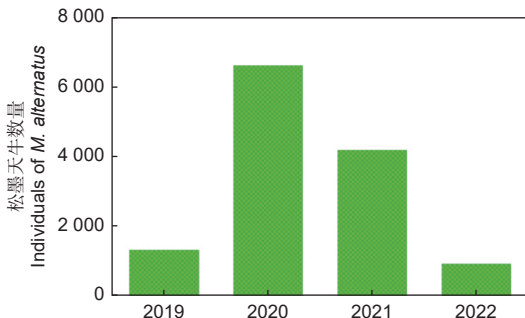


图 3 山西省沁水县 2019-2022 年松墨天牛成虫诱捕数量  
Fig. 3 The trapping individuals of *M. alternatus* adults from 2019 to 2022 in Qinshui county, Shanxi province.



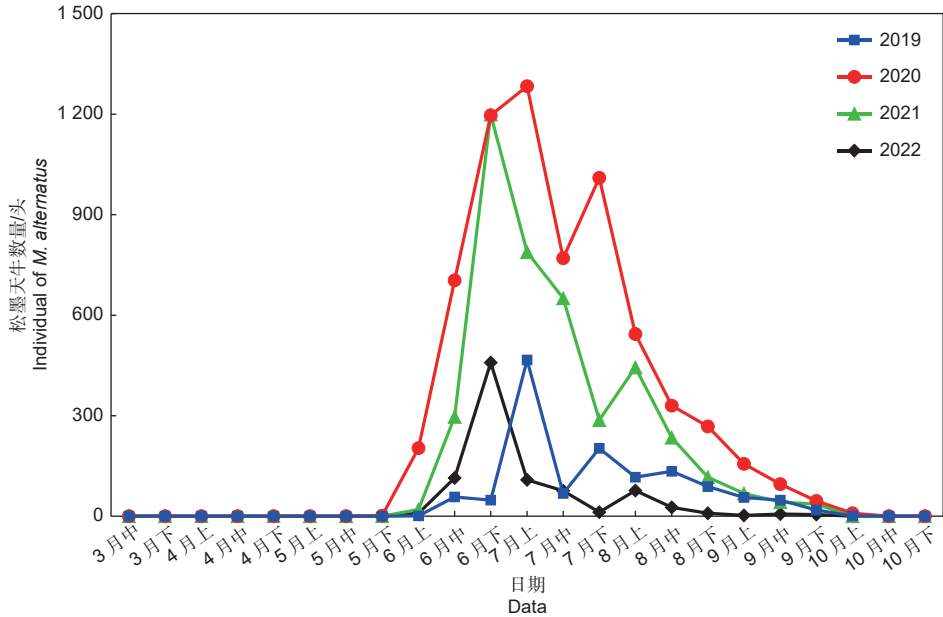


图 4 山西省沁水县松墨天牛成虫发生历期分析

Fig. 4 The analysis on the occurrence period of adult beetles of *M. alternatus* in Qinshui county, Shanxi province.

表 2 中国不同地理种群松墨天牛成虫历期比较

Table 2 Comparison of adult duration of different geographical populations of *M.alternatus* in China

类群 Groups	纬度 Latitude/ (°)	经度 Longitude/ (°)	1月 January		2月 February		3月 March		4月 April		5月 May		6月 June		7月 July		8月 August		9月 September		10月 October		11月 November		12月 December				
			上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
辽宁大连	39.01	121.44																											
山东长岛	38.05	120.59																											
山西沁水	35.70	112.18																											
湖北十堰	33.13	110.42																											
江苏江宁	31.90	118.87																											
安徽马鞍山	31.69	118.51																											
江西浮梁	29.36	117.10																											
湖南永定	29.14	110.52																											
四川宜宾	28.98	104.72																											
江西南城	27.40	116.64																											
云南西昌	27.83	102.27																											
贵州凯里	26.57	107.98																											
江西南康	25.64	114.45																											
江西全南	24.64	114.53																											
广东云浮	22.54	112.02																											

注：表中黄色部分为松墨天牛成虫发生期，红色部分为松墨天牛成虫发生高峰期

Notes: The yellow part of the table shows the occurrence period of the adult *M.alternatus*, the red part is the peak occurrence period of the adult *M.alternatus*

分析松墨天牛的幼虫虫口密度及羽化孔的数量随寄主植物树干高度的变化可知 (图 6)，松墨天牛幼虫主要集中于白皮松树干高度 0~3 m 范围

内，占调查总数的 85.69%，其中 0~1 m 范围内比例均为最大，为 41.54%，当寄主植物树高超过 4 m 时幼虫虫口密度相对较少，仅占调查总数的

表 3 山西省晋城市沁水县松墨天牛发生世代计算

Table 3 The generation calculation of *M. alternatus* in Qinshui county, Shanxi Province

月份 Month	1月 January	2月 February	3月 March	4月 April	5月 May	6月 June	7月 July	8月 August	9月 September	10月 October	11月 November	12月 December
月均温 Month mean temperature/°C	-2	1.1	8.1	12.5	17.8	22.7	23.4	23	17.9	10.9	5.2	-0.7
月天数 Number of days/d	31	28.4	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
理论世代 Theoretical generation								1.05				
估计世代 Estimated generation								1				

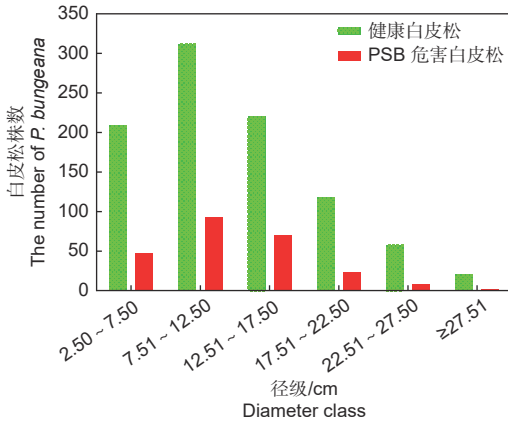


图 5 山西省沁水县松墨天牛危害白皮松径级数量分布

Fig. 5 The distribution of diameter class of *P. bungeana* damaged by *M. alternatus* in Qinshui county, Shanxi Province

5.06%。松墨天牛羽化孔则主要分布在白皮松树干高度的 0~4 m 范围内, 在此范围内羽化孔数量分布相对较为均匀, 其中 1~2 m 范围内比例最大, 为 28.62%, 在树高超过 5 m 的木段上没有发现松墨天牛羽化孔。

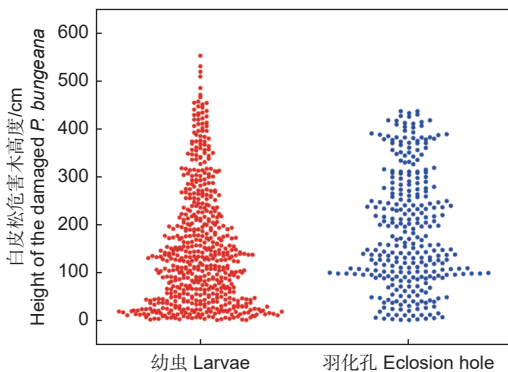


图 6 松墨天牛幼虫虫口密度及羽化孔在白皮松树干上的垂直分布模式

Fig. 6 The vertical distribution pattern of larval population density and the eclosion holes of *M. alternatus* on the trunk of *P. bungeana*

### 3 讨论

2018 年, 山西省首次发现松材线虫病重要媒介昆虫松墨天牛的野外种群, 使松材线虫全面入侵山西省及我国北方地区成为可能。本研究首次对山西省沁水县松墨天牛种群的发生规律及危害特征进行调查。松墨天牛在我国主要分布于热带、亚热带以及温带地区<sup>[1,2,16]</sup>, 其在山西省沁水县主要危害的寄主植物为白皮松树。此外, 山西省沁水县松墨天牛成虫的鞘翅长、触角长、触角长/体长、胫节长、股节长这 5 个指标在雌雄之间的差异达到显著水平, 且可使用松墨天牛成虫“触角长/体长”这一形态指标作为松墨天牛性别判定的指标, 即二者比值在 1.10~1.55 范围内时为雌虫, 在 1.89~4.11 范围内时则为雄虫。同时, 受地理因素影响, 同种昆虫的形态特征在不同地区具有一定的变异特征<sup>[34-35]</sup>, 如海拔、温度等环境因子均会显著影响松墨天牛成虫的形态特征<sup>[36]</sup>。本研究中, 山西省沁水县松墨天牛种群成虫体长体宽分别为 22.13 (±2.66) mm 和 7.06 (±0.91) mm, 均略大于重庆地区松墨天牛成虫<sup>[35]</sup>, 但略小于贵州黔南地区松墨天牛种群<sup>[37]</sup>。

相关研究表明, 地理纬度的差异会显著影响松墨天牛成虫种群动态规律<sup>[38]</sup>。例如, 松墨天牛成虫在广东云浮地区全年发生<sup>[30]</sup>, 江西全南和云南西昌地区始见期为 3 月底<sup>[29,31]</sup>, 江西南城、南康地区、贵州凯里和四川宜宾地区始见期为 4 月<sup>[27-29]</sup>, 而山西沁水和辽宁大连地区最晚, 始见期均在 5 月下旬<sup>[20]</sup>。此外, 本研究发现, 山西省沁水县松墨天牛一年仅有 1 个羽化高峰期, 集中在 6 月中旬左右。通过比较不同地理种群松墨天牛发生历期可知, 成虫羽化高峰期也随纬度增加而呈现逐渐推迟的变化趋势, 如: 广东云浮地区为 4 月上旬<sup>[30]</sup>, 江西南康和全南地区为 5 月上旬<sup>[29]</sup>, 且上述三个地区

均有两个羽化高峰期；云南西昌和山东长岛地区最迟，在 7 月上旬<sup>[21,31]</sup>。造成此种差异最可能的原因可能是由于不同地区温度、湿度、海拔等环境因素的差异所导致的<sup>[38-39]</sup>。作为典型的变温动物，大多数昆虫对外界环境温度的变化非常敏感<sup>[40-41]</sup>，温度和降水等气象因子则会显著影响松墨天牛的生长发育和分布扩散<sup>[42]</sup>。

昆虫不同阶段的发育历期均受到环境温度的影响<sup>[43]</sup>，相关研究运用有效积温定律已经对直纹稻弄蝶 (*Parnara guttata*)<sup>[44]</sup> 和草地贪夜蛾 (*Spodoptera frugiperda*)<sup>[45]</sup> 的发生世代进行了推算、预测。同时，重新推算了亚洲玉米螟的发生世代后发现，当前气候变化的影响下该虫已经逐渐从 1 年 2 代向 1 年 3 代转变<sup>[46]</sup>。本研究通过计算得到山西省沁水县松墨天牛种群的发生世代为 1 年 1 代，这为山西省科学防治松墨天牛，防止其进一步扩散提供了依据。

若明确重大蛀干害虫在寄主植物上的分布规律及危害特征，可为其防治提供重要理论依据<sup>[13,47]</sup>。相关研究亦已表明，对于天牛这类危害隐蔽的蛀干害虫，它们的侵入孔和羽化孔均是集中在寄主植物树干的中下部分<sup>[48-53]</sup>。本研究结果和上述观点基本一致，松墨天牛在山西省沁水县主要危害径级为 2.50~17.50 cm 白皮松树，其中幼虫主要分布于树干 0~1 m 处，羽化孔则主要集中于树干 1~2 m 范围内。

## 4 结论

本研究对山西省松墨天牛发生危害区域调查，初步明确了松墨天牛在山西省发生世代约为 1 年 1 代，雌雄成虫形态特征差异显著，且可使用松墨天牛成虫“触角长/体长”作为山西省沁水县松墨天牛性别判定的形态指标；成虫发生期约为 5 月下旬至 10 月上旬，羽化高峰期主要集中在 6 月中旬至 7 月中下旬；松墨天牛在山西省主要危害白皮松树，幼虫虫口密度和羽化孔数量主要集中在树干 0~2 m 范围内。

## 参考文献:

[1] 萧刚柔. 中国森林昆虫[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992.  
[2] 张星耀, 骆有庆. 中国森林重大生物灾害[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003.  
[3] MAMIYA Y. Pathology of pine wilt disease caused by *Burs-*

*aphelenchus xylophilus*[J]. Annual Review of Phytopathology, 1983, 21(1): 201-220.

- [4] 徐福元, 杨宝君, 葛明宏. 松材线虫病媒介昆虫的调查[J]. 森林病虫害通讯, 1993 (2): 20-21.  
[5] 张星耀, 骆有庆, 叶建仁, 等. 国家林业新时期的森林生物灾害研究[J]. 中国森林病虫害, 2004, 23 (6): 8-12.  
[6] 吴坚, 刘跃祥, 闫峻, 等. 日本松材线虫病发生与防治及对我国的启示[J]. 中国森林病虫害, 2009, 28 (1): 42-45.  
[7] 杨忠岐, 王小艺, 张翌楠, 等. 释放花绒寄甲和设置诱木防治松褐天牛对松材线虫病的控制作用研究[J]. 中国生物防治学报, 2012, 28 (4): 490-495.  
[8] 宋玉双. 中国松材线虫防控[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2013.  
[9] 理永霞, 张星耀. 松材线虫入侵扩张趋势分析[J]. 中国森林病虫害, 2018, 37 (5): 1-4.  
[10] 叶建仁. 松材线虫病在中国的流行现状、防治技术与对策分析[J]. 林业科学, 2019, 55 (9): 1-10.  
[11] 叶建仁, 吴小芹. 松材线虫病研究进展[J]. 中国森林病虫害, 2022, 41 (3): 1-10.  
[12] 张彦龙, 王小艺, 杨忠岐, 等. 松材线虫病媒介昆虫的天敌及其应用研究进展[J]. 中国森林病虫害, 2022, 41 (3): 21-29.  
[13] 杨忠岐, 王小艺, 张翌楠, 等. 以生物防治为主的综合控制我国重大林木病虫害研究进展[J]. 中国生物防治学报, 2018, 34 (2): 163-183.  
[14] 理永霞, 王璇, 刘振凯, 等. 松材线虫致病机理研究进展[J]. 中国森林病虫害, 2022, 41 (3): 11-20.  
[15] 宗世祥, 毕浩杰. 基于无人机遥感的松材线虫病监测研究与展望[J]. 中国森林病虫害, 2022, 41 (3): 45-51.  
[16] 柴希民, 蒋平. 松材线虫病的发生和防治[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.  
[17] 孔维娜. 入侵种松材线虫的关键传媒-松墨天牛的耐寒性[D]. 晋中: 山西农业大学, 2005.  
[18] MA R, HAO S, TIAN J, et al. Seasonal variation in cold-hardiness of the Japanese pine sawyer *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae)[J]. Environmental Entomology, 2006, 35(4): 881-886.  
[19] 山西省林业和草原局. 国家森林和草原病虫害防治总站领导调研沁水县松褐天牛防控工作[EB/OL]. (2018-09-30) [2024-01-17]. <http://lcj.shanxi.gov.cn/>.  
[20] 李霜雯, 吕晓亮, 田宇明, 等. 大连市松材线虫病典型发生区松墨天牛种群动态[J]. 辽宁林业科技, 2019 (6): 20-22.  
[21] 周瑶, 李建东, 孙妮妮, 等. 山东长岛综试区松墨天牛种群动态调查[J]. 陕西林业科技, 2022, 50 (4): 73-77.  
[22] 徐正红, 易光华, 周仁东, 等. 十堰市松墨天牛生物学特性及发生规律研究[J]. 湖北林业科技, 2021, 50 (3): 29-34.  
[23] 汪永俊. 松褐天牛的初步观察[J]. 江苏林业科技, 1988 (2): 31-33.  
[24] 胡长效, 苏新林, 张艳秋. 我国松墨天牛研究进展[J]. 河北林果研究, 2003, 18 (3): 293-299.

- [25] 夏永刚. 湖南省松材线虫病疫情及松褐天牛生物学特性研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2008.
- [26] 唐朝晖, 曹敏慧, 王明旭, 等. 南岳山麓松墨天牛生活史研究[J]. 湖南林业科技, 2007, 34 ( 5 ): 34-35.
- [27] 甘莉佳, 黄海燕, 何 茹, 等. 宜宾市金秋湖镇松墨天牛种群动态研究[J]. 广东蚕业, 2022, 56 ( 9 ): 15-18.
- [28] 顾焕先, 张国辉. 贵州凯里松褐天牛生活史及发生规律[J]. 吉林农业, 2016, 379 ( 10 ): 93.
- [29] 潘友粮, 刘 庆, 彭观地, 等. 江西省不同地区松墨天牛的物候学特征和种群动态[J]. 林业科学研究, 2023, 36 ( 2 ): 70-78.
- [30] 张毅龙, 杨敏仪, 吴康生, 等. 广东南山森林公园不同林分松墨天牛诱捕量差异研究[J]. 林业与环境科学, 2020, 36 ( 5 ): 59-63.
- [31] 吴桂康, 陈章铭, 杨 桦, 等. 云南松林松墨天牛发生规律及生物学特性[J]. 四川林业科技, 2019, 40 ( 3 ): 82-86.
- [32] GENG S, JUNG C. Temperature-dependent development of immature *Phyllonorycter ringoniella* (Lepidoptera: Gracillariidae) and its stage transition models[J]. Journal of Economic Entomology, 2018, 111(4): 1813-1823.
- [33] 李万明. 陕西安康地区松墨天牛生活史研究初报[J]. 陕西农业科学, 2017, 63 ( 11 ): 55-57,68.
- [34] 刘昭阳. 中国光肩星天牛种群表型多样性及遗传变异研究[D]. 北京, 北京林业大学, 2016.
- [35] 袁 缓, 冉春燕, 陈 斌. 重庆市松墨天牛的形态变异与环境因素的关系[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2022, 39 ( 2 ): 38-45.
- [36] ZHAO, B G, FUTAI K, SUTHERLAND J R, *et al.* Pine wilt disease in China. In Pine Wilt Disease[M]. Springer: Berlin, Germany, 2008.
- [37] 吴梦林. 贵州黔南松墨天牛成虫动态、世代调查与产卵策略研究[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2018.
- [38] 郑光楠, 杨秀好, 韦曼丽, 等. 广西松褐天牛成虫种群动态规律及其与林分和气象因子相关性[J]. 林业科学, 2023, 59 ( 1 ): 128-142.
- [39] GAO R, WANG Z, WANG H, *et al.* Relationship between pine wilt disease outbreaks and climatic variables in the Three Gorges Reservoir Region[J]. Forests, 2019, 10(9): 816.
- [40] RASMANN S, PELLISSIER L, DEFOSSEZ E, *et al.* Climate-driven change in plant-insect interactions along elevation gradients[J]. Functional Ecology, 2014, 28: 46-54.
- [41] IANNELLA M, ALESSANDRO D, BIONDI P, M. Forecasting the spread associated with climate change in Eastern Europe of the invasive Asiatic flea beetle, *Luperomorpha xanthodera* (Coleoptera: Chrysomelidae)[J]. European Journal of Entomology, 2020, 117: 130-138.
- [42] GAO R H, LIU L, ZHAO L J, *et al.* Potentially suitable geographical area for *Monochamously alternatus* under current and future climatic scenarios based on optimized MaxEnt model[J]. Insects, 14, 2: 182.
- [43] 耿书宝, 侯 贺, 江孟娜, 等. 茶银尺蠖的发育起点温度和有效积温[J]. 应用昆虫学报, 2022, 59 ( 4 ): 794-804.
- [44] 王让军. 陇南稻区直纹稻弄蝶发生世代数的推算及其世代类型的划分[J]. 农业开发与装备, 2014 ( 9 ): 28.
- [45] 刘小宇, 荣志云, 王连刚, 等. 草地贪夜蛾的有效积温和发育始点及其发生世代预测[J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 ( 1 ): 1-10.
- [46] 阿依克孜. 新疆荒漠绿洲生态区亚洲玉米螟主要生物学特性及发生世代验证[D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2018.
- [47] 周登兵, 梁 侃, 程 位, 等. 遵义县松褐天牛的分布规律[J]. 生物灾害科学, 2019, 42 ( 2 ): 147-151.
- [48] 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.
- [49] 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.
- [50] 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.
- [51] 高尚坤, 唐艳龙, 张彦龙, 等. 松褐天牛在马尾松树干上的分布规律[J]. 林业科学研究, 2015, 28 ( 5 ): 708-712.
- [52] 南俊科, 杨越翔, 张玲华, 等. 松墨天牛在秦巴林区不同寄主上的危害规律[J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 ( 6 ): 1376-1388.
- [53] 时 勇, 范立淳, 张彦龙, 等. 云杉花墨天牛幼虫在红松树干上的分布规律[J]. 林业科学, 2022, 58 ( 7 ): 128-133.



# The Damage Regularity of *Monochamus alternatus* in Qinshui County, Shanxi Province

GAO Rui-he<sup>1,2</sup>, LIU Jia-qi<sup>1,2</sup>, LIU Lei<sup>1,2</sup>, FAN Shi-ming<sup>1,2</sup>, CUI Hao<sup>3</sup>,  
DONG Xiao-jiao<sup>3</sup>, LIU Yan<sup>3</sup>, ZHANG Zhi-wei<sup>1,2</sup>

(1. Forestry College, Shanxi Agricultural University, Jinzhong 030800, Shanxi, China; 2. Shanxi Dangerous Forest Pest Inspection and Identification Center, Jinzhong 030800, Shanxi, China; 3. Forestry Administration of Qinshui County, Qinshui 048200, Shanxi, China)

**Abstract:** [Objective] The aim of this study was to clarify the damage characteristics and occurrence regularity of *Monochamus alternatus* in Qinshui County Shanxi Province, and to provide theoretical and scientific basis for effectively preventing and controlling the further spread of *M. alternatus* and the invasion of *Bursaphelenchus xylophilus* in Shanxi Province. [Method] From 2019 to 2022, the dynamic monitoring method was used to monitor the population dynamics of *M. alternatus* adults by hanging traps for four years, and the morphological characteristics of adults were analyzed. Combined with the “law of total effective accumulated temperature” and meteorological data, the generations of *M. alternatus* in Qinshui County Shanxi Province was calculated. A total of 24 standard plots were established, and the damage of *M. alternatus* to the tree species in the plots was investigated. At the same time, 36 dead *P. bungeana* trees were selected for stumpage dissection to clarify the occurrence and damage of *M. alternatus* on the host tree. [Result] There were significant differences in the five indexes of elytra length, antenna length, antenna length/body length, tibia length and femur length between male and female adults of *M. alternatus* in Qinshui County Shanxi Province. The ratio of antenna length to body length of *M. alternatus* adults could be used as a morphological index for sex determination of *M. alternatus* in Shanxi Province. The generation of *M. alternatus* in Qinshui County Shanxi Province was about 1 generation per year. The occurrence period of *M. alternatus* adults was about from late May to early October. The beginning period was late May, the peak period of emergence was from mid-June to mid-July, the peak period was mid-July, and the end period is early October. In Qinshui County Shanxi Province, *M. alternatus* mainly damaged *P. bungeana* trees with a diameter of 2.50-17.50 cm. The larvae were mainly distributed at 0-1 m (41.54%) of the trunk, and the elusion holes were mainly concentrated in 1-2 m (28.62%) of the trunk. [Conclusion] The generation of *M. alternatus* in Qinshui County Shanxi Province is about 1 generation per year, and the morphological characteristics of male and female adults are significantly different. The occurrence period of adult is from late May to early October, and the peak emergence period is mainly from mid-June to mid-late July. *M. alternatus* is mainly harmful to *P. bungeana* in Qinshui County Shanxi Province. The density of larvae and the number of elusion holes are mainly concentrated in the range of 0-2 m.

**Keywords:** *Monochamus alternatus*; pine wilt disease; damage characteristic; population dynamics

(责任编辑: 崔 贝)