

DOI:10.12403/j.1001-1498.20220150

# 江西省不同地区松墨天牛的物候学特征和种群动态

潘友粮<sup>1,4</sup>, 刘 庆<sup>2</sup>, 彭观地<sup>3</sup>, 陈元生<sup>4</sup>,  
李 金<sup>5</sup>, 曹 洋<sup>6</sup>, 刘兴平<sup>1\*</sup>

(1.鄱阳湖流域森林生态系统保护与修复国家林业和草原局重点实验室,江西农业大学林学院,江西 南昌 330045; 2.江西省景德镇市枫树山林场,江西 景德镇 333400; 3.江西省林业有害生物检验检疫中心,江西 南昌 330077; 4.江西环境工程职业学院,江西 赣州 341000; 5.江西省全南县林业局,江西 全南 341800; 6.江西省赣州市南康区林业局,江西 南康 341400)

**摘要:** [目的] 通过分析松墨天牛在江西南北不同地区的季节性物候特征和种群动态规律,为提高当地松墨天牛的种群监测预报水平和制定精准防控策略提供基础数据与科学依据。[方法] 在江西境内沿约1°的纬度梯度自南向北分别设立全南、南康、万安、南城、湾里和浮梁等6处的马尾松纯林作为监测点,通过悬挂诱捕器的方式进行林间种群监测,统计松墨天牛在各地的成虫的始见期、终见期和活动高峰期等物候学特征以及种群密度和雌雄性比等指标。[结果] 松墨天牛在江西的始见期在3月下旬—5月上旬之间且自南向北明显延迟,终见期在10月上旬—12月上旬之间且自南向北明显提前,成虫发生期持续5~9个月且自南向北呈明显缩短趋势。成虫的活动高峰期出现时间自南向北逐渐延后且峰值由2个过渡到1个。种群密度以赣中地区最大,偏南或偏北地区的种群数量均明显下降。松墨天牛在江西各地的成虫偏雌性,性比在1:0.74至1:0.87之间且不存在地区间的差异。松墨天牛全年诱捕量和该地马尾松死亡率之间存在明显的正相关关系。[结论] 地理纬度和当地气候条件明显影响松墨天牛的季节性物候发生期和成虫活动高峰期,种群密度与其寄主的死亡率呈明显的正相关。

**关键词:**发生期; 物候; 种群密度; 性比; 松墨天牛

**中图分类号:**S763.38

**文献标志码:**A

**文章编号:**1001-1498(2023)02-0070-09

松墨天牛 (*Monochamus alternatus* Hope) 属鞘翅目天牛科墨天牛属,又称松褐天牛。该虫是危害我国松属植物的主要蛀干性害虫种类,也是传播毁灭性病害松材线虫 (*Bursaphelenchus xylophilus* Steiner and Buhrer) 的主要媒介昆虫之一<sup>[1]</sup>。目前,松材线虫病以及松墨天牛的危害已成为影响我国林业生态系统服务功能的干扰因子之一。截止2021年底,我国松材线虫病的发生已覆盖19个省(自治区、直辖市)742个县级行政区,且仍呈老疫区持续扩散,新疫情北扩西进的态势<sup>[2]</sup>。江西作为我国南方重点林区,全省森林面积1.53亿亩,森

林覆盖率达63.1%,位居全国第二。然而,大面积的马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.) 正遭受松材线虫病及松墨天牛的持续危害,目前已有82个县级行政区被列入疫区<sup>[3]</sup>。江西省北倚长江,南邻广东,南北之间地理纬度跨度大约相差6°(24°29'~30°04' N),造成气候差异较大,这势必造成松墨天牛在全省各地区间的发生时间和种群消长动态存在差异。然而,目前有关松墨天牛在江西省内不同地区的发生与种群消长规律已有零散报道<sup>[4-8]</sup>,且由于监测方法和监测时间的不一致,导致该虫的发生期在江西南北地区缺乏规律性,因而不利于该虫

的治理。本文基于引诱剂诱捕法, 在同一时期对江西省南北不同地区马尾松纯林中松墨天牛成虫的物候学特征和种群动态开展调查, 系统分析松墨天牛成虫的发生与活动规律, 以及种群密度与性比等特征变化, 旨在明确不同地区间松墨天牛的发生规律, 为提高当地松墨天牛的种群监测预报, 制定精准防控策略提供基础数据与科学依据。

## 1 试验样地概况

在江西松材线虫病疫区分别以近似 1°的纬度

表 1 江西省不同地区松墨天牛种群动态监测样地概况

Table 1 Basic information of sample plots for population dynamics monitoring of *Monochamus alternatus* adult in Jiangxi province during 2020 and 2021

监测样点 Locations	坡度 Slope/ (°)	平均林龄 Stand ages/a	平均株数 No. of trees/ (667 m <sup>2</sup> )	平均胸径 Mean DBH/cm	平均树高 Mean height/m	郁闭度 Canopy density	林下植被盖度 Coverage/ %	主要林下植被 Understory vegetation
全南 QN	13.2	33.8	103.60	17.98	14.10	0.82	10.00	芒萁、櫟木、油茶、金樱子、梔子
南康 NK	19	28.00	95.00	13.50	8.77	0.68	8.33	芒萁、金樱子、五节芒、樟树
万安 WA	7.67	30.00	127.33	8.60	7.90	0.78	16.67	櫟木、柃木、芒萁、红叶石楠、金樱子
南城 NC	20.67	25.00	99.00	6.70	8.67	0.67	11.67	油茶、杜鹃、三叶赤楠、櫟木、女贞、金樱子、芒萁
湾里 WL	18.83	22.50	110.67	6.72	8.52	0.78	10.83	櫟木、柃木、芒萁、梔子、三叶赤楠、
浮梁 FL	24.00	30.00	111.00	10.93	14.73	0.83	15.00	櫟木、铁线蕨、山矾、三叶赤楠、柃木、

## 2 监测方法

### 2.1 松墨天牛发生期和发生量监测

2020 和 2021 年 2 月中下旬, 在选取的 6 个监测样点每一样点随机选择 3~7 处样地并各悬挂 1 个诱捕器。诱捕器悬挂时, 尽量选择背风向阳、地下杂灌少、地势平坦的林间, 在其中选择一株生长健壮、枝桠较多的马尾松, 将载有松墨天牛 F-8 诱芯的诱捕器(杭州费洛蒙生物科技有限公司生产)利用尼龙绳悬挂至树枝上, 诱捕器底部离地面 2~2.5 m, 诱捕器间距大于 500 m, 每 1.5 月更换一次诱芯。自 3 月 1 日起, 每周调查一次直到 12 月底或连续 4 周未诱捕到成虫则结束调查。若遇下雨天气, 则可提前或推迟 1~2 d 开展调查。每次调查时, 仔细检查诱捕器的诱集瓶, 将捕获的松墨天牛成虫经区分雌雄后, 详细记录每次诱捕到的雌、雄虫数量。统计分析南北不同地区间松墨天牛成虫的始见期、终见期和发生期等物候学特征以及种群密度和雌雄性比等指标。

### 2.2 成虫诱捕量与林木受害率的相关性调查

2021 年 3 月初, 在所选择的 6 个监测样点

梯度自南向北分别选取全南县大吉山镇(114°22'4" E, 24°38'19" N)、南康区东山街道(114°45'36" E, 25°38'18" N)、万安县百嘉镇(114°43'45" E, 26°33'7" N)、南城县上唐镇(116°38'15" E, 27°23'54" N)、湾里区梅岭镇(115°48'36" E, 28°46'12" N)、浮梁县湘湖镇(117°21'55" E, 29°21'17" N)等 6 个县级行政区作为种群监测样点。在各样点中又分别选择地势较为平坦, 便于开展种群监测的马尾松纯林或近纯林 3~7 处作为悬挂诱捕器的固定监测样地。样地中马尾松树龄、树高、郁闭度、林下植被盖度等基本概况如表 1 所示。中, 每个样点随机选择 3 个悬挂诱捕器的样地作为试验样地。样地中林下植被主要是芒萁(*Dicranopteris pedate* (Houttuyn) Nakaike)、櫟木(*Loropetalum chinense* (R. Br.) Oliv.)、油茶(*Camellia oleifera* Abel)、金樱子(*Rosa laevigata* Michx.)、梔子(*Gardenia jasminoides* J. Ellis)、五节芒(*Misanthus floridulus* (Labill.) Warburg ex K. Schumann)、樟树(*Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl)、柃木(*Eurya japonica* Thunberg)、红叶石楠(*Photinia × fraseri* Dress)、杜鹃(*Rhododendron simsii* Planch.)、三叶赤楠(*Syzygium grijsii* (Hance) Merr. & L. M. Perry)、女贞(*Ligustrum lucidum* W. T. Aiton)、铁线蕨(*Adiantum capillus-veneris* L.)、山矾(*Symplocos sumuntia* Buch.-Ham. ex D. Don), 各监测样点中的主要林下植被见表 1。在试验样地中, 以诱捕器悬挂点为中心, 利用皮尺向四周圈出半径为 20 m 的圆并以此作为样地面积。之后清理样地中之前遗留的病枯死树并记录样地内存活的健康马尾松数量。采用上述相同的方法开展松墨天牛成虫的诱捕调查, 期间不对样地内的死树进行清理。至 10 月

底11月初,清点试验样地内的马尾松健康树与病枯死树的数量,并检查死树上是否存在松墨天牛的危害痕迹如侵入孔等,统计每一样地内的因松墨天牛危害的马尾松死亡率。结合当年对松墨天牛的诱捕量数据,分析得出松墨天牛的诱捕量与马尾松受害率之间的相关性。

### 2.3 数据统计

本文所有数据使用 SPSS 24.0 进行统计分析,使用 OriginPro 2018 进行图形制作。所有数据使用 Shapiro-Wilk 检验对数据进行正态性检验,百分率数据在分析前进行反正弦平方根转换。松墨天牛成虫的始见期、终见期,发生期、性比和诱捕量等数据在不同地区间的比较采用单因素方差分析 ANOVA 和 Tukey 多重比较,不同年份间使用独立样本 t 检验。其中始见期和终见期的计算是将每一诱捕器中成虫出现或结束活动的日期与首次调查日期(3月1日)的差值进行统计,成虫种群密度和性比的统计以各诱捕器中全年实际诱捕的数量进行统计。成虫诱捕量与林木受害率之间的相关性

采用 Person 相关性检验并进行拟合。文中所有数值均以平均值±标准误表示。

## 3 结果与分析

### 3.1 始见期

在江西,松墨天牛成虫最早出现在最南部的全南县,2020年和2021年的始见期分别为3月27日和3月19日。始见期自南向北逐渐推迟,直至最北部的浮梁县,2020年和2021年分别为5月1日和5月7日,南北之间分别相差35和49 d。以成虫出现日期距首次调查日期的天数进行统计发现,松墨天牛始见期在江西不同地区间存在显著差异(2020年: ANOVA,  $F = 32.098$ ;  $df = 5, 27$ ;  $P = 0.000 < 0.001$ ; 2021年:  $F = 62.109$ ;  $df = 5, 24$ ;  $P = 0.000 < 0.001$ ; 表2)。对同一地区不同年份间进行比较发现在赣中的南城以南地区,松墨天牛的始见期在2021年比2020年提前7~15 d且存在显著差异( $t$ 检验,  $P < 0.05$ ),而赣北地区有推后一周的趋势但不存在差异( $t$ 检验,  $P > 0.05$ , 表2)。

表2 江西省不同纬度地区松墨天牛的始见期

Table 2 The initial occurrence periods of *Monochamus alternatus* in different regions of Jiangxi province.

监测地点 Monitoring location	纬度 Latitude /°	2020年		2021年		T
		成虫始见期 Adult initial occurrence period	距离首次调查的天数 Days distanced first observation /d	成虫始见期 Adult initial occurrence period	距离首次调查的天数 Days distanced first observation /d	
全南 QN	24.64	3月27日	34.00 ± 1.83 eA	3月19日	23.60 ± 2.62 cB	3.373**
南康 NK	25.64	4月3日	37.00 ± 1.41 deA	3月19日	25.00 ± 1.87 cB	4.996**
万安 WA	26.55	4月10日	47.00 ± 2.86 cdA	4月2日	36.67 ± 2.33 bB	2.647*
南城 NC	27.40	4月17日	51.67 ± 2.33 bcA	4月9日	42.50 ± 4.52 bA	1.611 NS
湾里 WL	28.77	4月24日	60.22 ± 2.17 abA	4月30日	63.00 ± 1.41 aA	-1.004 NS
浮梁 FL	29.36	5月1日	63.33 ± 2.33 aA	5月7日	69.33 ± 2.33 aA	-1.818 NS
F			32.098**		62.109**	

注:表中数据(平均值±标准误)为距离每年3月1日诱捕器悬挂的天数,同一列中不同小写字母表示差异显著(ANOVA);同一行中不同大写字母表示差异显著(独立样本t检验),下表相同。

Notes: Each data (Means ± SE) represents day distanced first observation on March 1 each year. Data followed by the different lowercase letters within the same column are significantly different (One way ANOVA), and followed by the different capital letters within the same row are significantly different (Independent sample t-test). \*\*:  $P < 0.01$ , \*:  $P < 0.05$ , NS: No difference. Same as following tables.

### 3.2 终见期

松墨天牛在江西不同地区的终见期如表3所示。从表中可以看出,2020年和2021年松墨天牛的终见期在最南端的全南县分别为12月4日和12月3日,自南向北随着纬度的升高,松墨天牛终见期逐渐提早,至最北端的浮梁县,其终见期分

别为10月16日和10月1日。统计分析表明江西境内南北之间的终见期分别相差49和63 d且存在显著差异(2020年:  $F = 89.938$ ;  $df = 5, 27$ ;  $P = 0.000 < 0.001$ ; 2021年:  $F = 54.243$ ;  $df = 5, 24$ ;  $P = 0.000 < 0.001$ ; 表3),但在年际间并不显示差异( $P > 0.05$ , 表3)。

表3 江西省不同地区松墨天牛的终见期

Table 3 The terminal occurrence periods of *Monochamus alternatus* in different regions of Jiangxi province.

监测地点 Monitoring location	纬度 Latitude / $^{\circ}$	2020年		2021年		<i>T</i>
		成虫终见期 Adult final occurrence period	距离首次调查的天数 Days distanced first observation /d	成虫终见期 Adult final occurrence period	距离首次调查的天数 Days distanced first observation /d	
全南 QN	24.64	12月4日	272.00 ± 1.83 aA	12月3日	269.13 ± 2.79 aA	0.835 NS
南康 NK	25.64	11月27日	265.00 ± 1.83 abA	11月26日	263.00 ± 2.21 aA	0.700 NS
万安 WA	26.55	11月20日	258.75 ± 1.75 bA	11月12日	251.33 ± 2.33 bA	2.543 NS
南城 NC	27.40	10月23日	233.67 ± 2.33 cA	10月29日	231.50 ± 4.52 bA	0.381 NS
湾里 WL	28.77	10月23日	226.67 ± 2.02 cA	10月22日	224.00 ± 3.00 cA	0.892 NS
浮梁 FL	29.36	10月16日	224.33 ± 4.67 cA	10月1日	207.00 ± 4.04 cA	2.808 NS
<i>F</i>			89.938**		54.243**	

### 3.3 发生期

松墨天牛在赣南的全南县从3月下旬至12月初长达9个月时间均可出现, 在2020年和2021年的平均发生期分别为238.00 ± 3.06 d和244.13 ± 3.84 d; 在赣北浮梁县的出现则从5月初至10月上旬共5个月左右, 其平均发生期分别只

有154.00 ± 4.04 d和149.33 ± 2.33 d。统计分析表明, 松墨天牛在江西的发生期自南向北呈缩短趋势且存在显著差异(2020年: *F* = 123.329; *df* = 5, 27; *P* = 0.000 < 0.001; 2021年: *F* = 92.053; *df* = 5, 24; *P* = 0.000 < 0.001, 图1), 但在年际间没有差异(*P* > 0.05, 图1)。

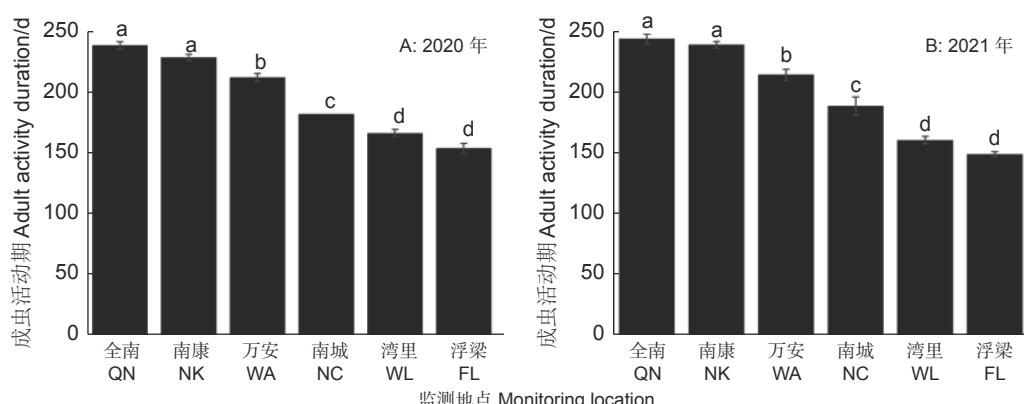


图1 江西省不同地区松墨天牛的发生期

Fig. 1 The adult activity duration of *Monochamus alternatus* in different regions of Jiangxi province.

### 3.4 活动高峰期

图2为松墨天牛在江西从南至北不同地区的种群消长规律, 从图中可以看出, 松墨天牛成虫在赣南全南县的活动在5月中旬和8月中下旬出现一主一次2个高峰。在南康区则在5月下旬和9月初出现一主一次2个高峰。在赣中的万安县则显示在6月上旬和9月上旬出现一主一次2个高峰。在赣中偏北的南城县以及赣北的湾里区和浮梁县, 分别在6月下旬至7月初和7月上旬出现1个成

虫活动高峰。这一结果表明, 松墨天牛成虫的活动高峰期出现时间自南向北逐渐延后且峰值数量由2个过渡到1个。

### 3.5 种群密度

对江西省不同地区的松墨天牛林间诱捕数量进行分析, 发现无论在2020年还是2021年, 松墨天牛成虫的林间诱捕量均以赣中的万安县最大, 每一诱捕器分别平均诱捕数量达328.25 ± 31.77头/年和278.33 ± 16.60头/年, 其次为南城县, 而

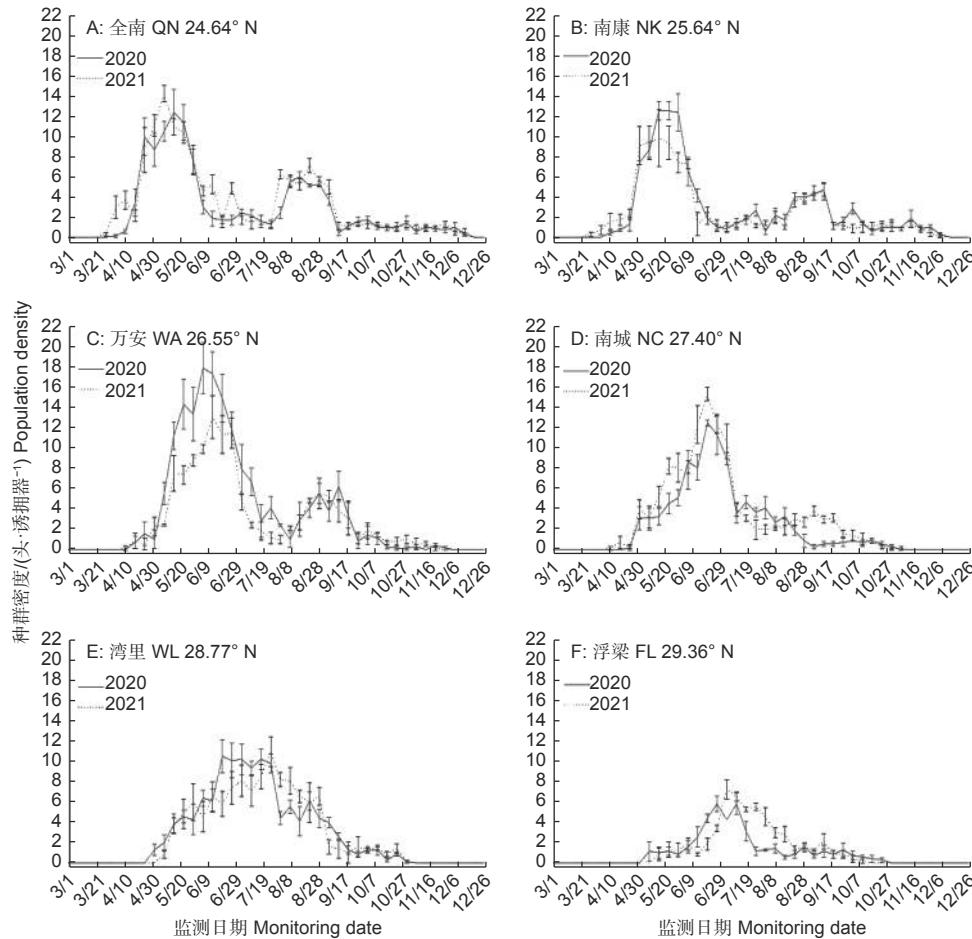


图2 松墨天牛在江西不同地区的种群动态

Fig. 2 Population dynamics of *Monochamus alternatus* in different regions of Jiangxi province

以赣南和赣北的诱捕量较小，年均诱捕量只有万安县的1/3左右。统计分析表明，松墨天牛的种群密度在江西不同地区间显示极显著差异（2020年：

$F = 33.176$ ;  $df = 5, 27$ ;  $P = 0.000 < 0.001$ ; 2021年： $F = 19.889$ ;  $df = 5, 24$ ;  $P = 0.000 < 0.001$ ），但年际间无差异（ $P > 0.05$ , 表4）。

表4 江西省不同地区松墨天牛的诱捕量

Table 4 The trapping numbers of *Monochamus alternatus* in different regions of Jiangxi province.

监测地点 Monitoring location	纬度 Latitude (°)	2020年头/诱捕器/年 Adult/trap/year	2021年头/诱捕器/年 Adult/trap/year	T
全南 QN	24.64	$122.43 \pm 4.86$ cdA	$126.13 \pm 5.89$ dA	-0.475 <sup>NS</sup>
南康 NK	25.64	$112.43 \pm 10.47$ cdA	$141.40 \pm 13.08$ cdA	-1.747 <sup>NS</sup>
万安 WA	26.55	$328.25 \pm 31.77$ aA	$278.33 \pm 16.60$ aA	1.246 <sup>NS</sup>
南城 NC	27.40	$252.33 \pm 14.08$ bA	$219.00 \pm 23.38$ bA	1.109 <sup>NS</sup>
湾里 WL	28.77	$172.22 \pm 10.96$ cA	$185.00 \pm 8.99$ bcA	-0.864 <sup>NS</sup>
浮梁 FL	29.36	$104.33 \pm 9.41$ dA	$128.67 \pm 5.17$ dA	-2.267 <sup>NS</sup>
F		33.176**	19.889**	

### 3.6 雌雄性比

连续两年对不同监测地点中诱捕到的松墨天牛

成虫的雌雄性比进行比较，结果表明，在江西自南向北不同地区间，每一诱捕器诱捕到的成虫性比

在 1: 0.74~0.87 之间, 表明松墨天牛在江西各地的性比均为偏雌性, 且不显示差异 (2020 年:  $F = 1.093$ ;  $df = 5, 27$ ;  $P = 0.387$ ; 2021 年:  $F = 2.728$ ;

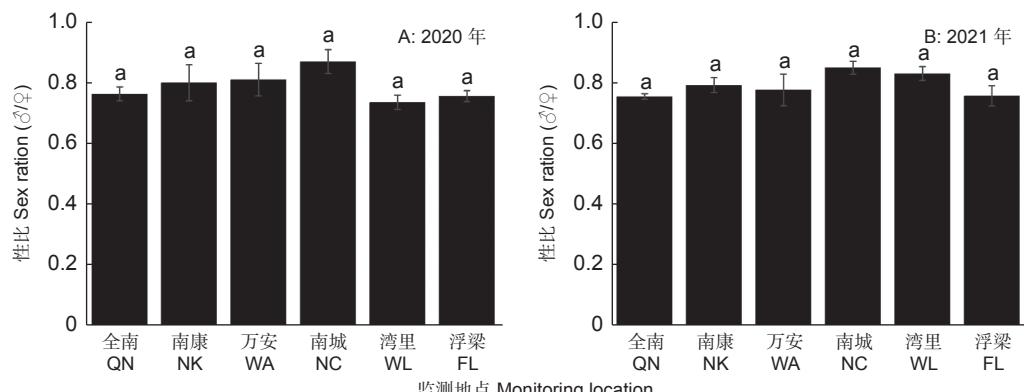


图 3 江西省不同地区松墨天牛的性比

Fig. 3 The sex ratio of *Monochamus alternatus* in different regions of Jiangxi province.

### 3.7 成虫诱捕量与林木受害率的相关性

对江西不同地区监测样地的马尾松死亡率进行汇总, 统计监测样地中松墨天牛的成虫诱捕量与林木受害率之间的相关性, 发现随着监测样地中松墨天牛诱捕量的增加, 样地中的马尾松死亡率呈明显上升趋势, 两者之间呈明显的正相关关系 (Person  $\chi^2 = 0.785$ ;  $P = 0.000 < 0.001$ ), 拟合方程为  $y = 0.1147x$  ( $R^2 = 0.9369$ , 图 4)。

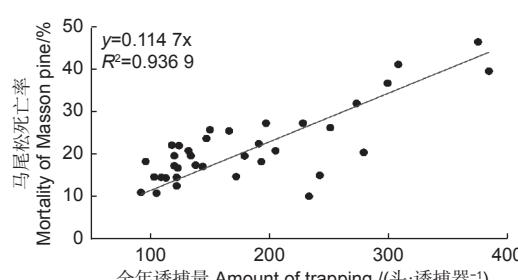


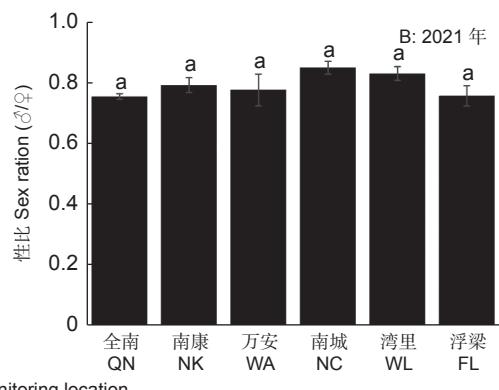
图 4 松墨天牛诱捕量与马尾松死亡率之间的关系

Fig. 4 The relationship between trapping amount of *Monochamus alternatus* and mortality of Masson pine.

## 4 讨论

掌握松墨天牛时空动态规律是制定可持续控制策略的关键依据<sup>[9]</sup>。有关松墨天牛在国内各省的发生期均有大量的报道<sup>[8,10-13]</sup>, 如在广西桂南和桂北地区, 松墨天牛的始见期分别为 1 月和 4 月, 末期分别在 12 月和 11 月, 而活动盛期在桂南地区有 2 个, 在桂北地区只有 1 个活动高峰期<sup>[13]</sup>。本

$df = 5, 24$ ;  $P = 0.053$ ; 图 3)。同一地区不同年际间的成虫性比同样不存在明显差异 ( $t$  检验,  $P > 0.05$ , 图 3)。



研究发现松墨天牛成虫在江西的始见期在 3 月下旬—5 月上旬之间且自南向北逐渐推迟, 而终见期在 10 月上旬—12 月上旬且自南向北逐渐提早, 从而导致成虫在各地的活动期自南向北逐渐缩短, 南北之间相差近 4 个月。这些结果与之前零散的报道基本相似<sup>[4-7]</sup>。昆虫等变温动物的季节性发生通常与当地温度条件相协调<sup>[14-18]</sup>。大量研究表明温度直接影响昆虫的发育速率和成虫羽化时间<sup>[19]</sup>, 温度升高将导致昆虫的始见期、盛期和高峰期等关键物候发生期提前, 成虫的活动期延长<sup>[20-23]</sup>。本研究的调查结果也证实了这一论点。据报道松墨天牛蛹和卵的发育起点温度在中国南部分别为  $11.08\text{ }^\circ\text{C}$ <sup>[24]</sup> 和  $14.3\text{ }^\circ\text{C}$ <sup>[25]</sup>。比较 2020 年和 2021 年江西省各监测点的气象数据发现, 在赣南地区, 从 3 月份至 11 月份的月平均温度均超过  $14\text{ }^\circ\text{C}$ , 而在赣北地区, 只有 5—10 月份的月平均温度超过这一阈值, 这一时期与松墨天牛成虫的活动期相吻合, 说明该虫的羽化和活动与地理纬度和当地气候条件密切相关。同时, 本文的研究还表明, 松墨天牛的始见期在赣中以南地区存在年际间的差异, 其主要原因是 2021 年 2—3 月份的平均气温比 2020 年同期平均气温更高的原因所致。因此, 在生产上可以结合当地气象数据, 通过热度日阈值 (thermal degree day thresholds) 建立模型对松墨天牛的发生期进行预测, 以提高监测的精准度<sup>[26-29]</sup>。

本研究还发现, 松墨天牛在江西不同地区的活动盛期存在差异, 表现为活动高峰期在时间上自南

向北呈推后的趋势，且在赣中的万安以南地区具有2个明显的活动高峰，而在万安以北地区只有1个活动高峰。这一结果说明松墨天牛在江西南北地区可能存在生活史差异，其中在南部可能发生2代，第1个高峰为越冬代成虫羽化盛期，第2个高峰则是第一代的成虫羽化盛期，而在江西北部地区该虫只发生1代。这一结果与温小遂等对该虫生活史的研究结果一致<sup>[8]</sup>。

在对松墨天牛种群密度的调查中发现，该虫的种群密度在赣中的万安县最高，而偏南和偏北地区逐渐减少。已有的研究表明，森林害虫的种群动态往往取决于非生物和生物调节因子之间的复杂相互作用<sup>[29]</sup>。其中非生物因素主要包括温湿度等环境因素、纬度与海拔等地理因素、林分类型、海拔、坡位、坡向和郁闭度等林分条件，而生物因素主要包括寄主、天敌和人为活动等等<sup>[30-33]</sup>，其中人为的管理措施对害虫种群密度具有深远的影响<sup>[9, 34]</sup>。松墨天牛在赣中地区种群密度高最大的原因可能是因治理措施不当，从而导致次年种群密度的上升<sup>[35]</sup>。因此，开展全面的疫木清理工作对于降低松墨天牛种群数量具有积极的作用。结合该虫在江西各地的发生高峰和发生世代差异，在进行疫木清理时，赣北地区可在秋冬季进行一次集中疫木清理，而在赣南地区则需要夏、秋季进行二次清理为宜。

性别比例是种群生物学特征的一个重要指标，也是决定昆虫种群盛衰的重要因子<sup>[36]</sup>。本研究的结果表明松墨天牛在江西从南至北6个地区均表现出偏雌性，这一结果与谢文辉等的研究相似<sup>[6]</sup>。然而其它学者对不同纬度地区松墨天牛成虫性比的研究与本研究的结果不一致，出现明显的偏雄性或雌雄性比相等<sup>[26, 37-38]</sup>，这就说明气候条件和地理纬度可能影响该虫的性比。另外，本研究还发现松墨天牛的种群数量与马尾松死亡率之间呈显著正相关。可能的解释是随着种群数量的扩大，其携带松材线虫的几率明显提高，对寄主的感染率加大，因而导致马尾松致死率上升。

## 5 结论

本文通过林间诱捕技术调查了松墨天牛在江西省从南至北不同地区的马尾松林中的季节性物候特征和群群动态变化并得到如下结论：1) 松墨天牛成虫在林间的始见期在3月下旬—5月上旬之间且自南向北明显延迟，终见期在10月上旬—12月上

旬之间且自南向北明显提前，成虫发生期在5~9个月之间且自南向北呈明显缩短趋势；2) 松墨天牛成虫的活动高峰期出现时间自南向北逐渐延后且峰值数量由2个过渡到1个；3) 各地区间的雌雄性比在1:0.74至1:0.87之间且不存在地区间差异；4) 种群密度以赣中地区最大，赣南和赣北地区趋于明显下降，且松墨天牛全年诱捕量和该地马尾松死亡率之间存在明显的正相关关系。

## 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] 李 硕, 孙 红, 周艳涛, 等. 2021年全国主要林业有害生物发生情况及2022年发生趋势预测[J]. 中国森林病虫, 2022, 41(2): 44-47.
- [3] 国家林业和草原局公告. 2022年松材线虫病疫区[EB/OL]. 2022年第6号, <http://www.forestry.gov.cn/main/5461/20220318/110122573766576.html>
- [4] 吴建福, 张维玲, 张仁香, 等. 赣南松墨天牛生活史研究[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(2): 321-323+326.
- [5] 刘小亮, 刘同香, 康国华. 松褐天牛羽化期调查与应用研究[J]. 现代农业科技, 2012(13): 118+120.
- [6] 谢文辉, 黄 荣, 陈 刚, 等. 马尾松天然林中松墨天牛等昆虫种群动态初探[J]. 农业灾害研究, 2015, 5(8): 4-5+12.
- [7] 王 薇, 张 扬, 何龙喜, 等. 江西九江松褐天牛生活习性研究[J]. 南方林业科学, 2020, 48(2): 36-38.
- [8] 温小遂, 李 金, 邓 礼, 等. 不同纬度松墨天牛生活史及其行为学观察[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(19): 99-102.
- [9] WANG X G, STEWART T J, BIONDI A, et al. Population dynamics and ecology of *Drosophila suzukii* in Central California[J]. Journal of Pest Science, 2016, 89(3): 701-712.
- [10] MA R Y, HAO S G, 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.
- [11] HUANG J, ZHANG J, LI M J, et al. Seasonal variations in the incidence of *Monochamus alternatus* adults (Coleoptera: Cerambycidae) and other major Coleoptera: a two-year monitor in the pine forests of Hangzhou, Eastern China[J]. Scandinavian Journal of Forest Research, 2015, 30(6): 507-515.
- [12] 张珍荫, 牛存菊, 徐长山, 等. 丽江山松褐天牛成虫的种群变动规律[J]. 西部林业科学, 2016, 45(6): 62-67.
- [13] 赵鹏飞, 蒋学建, 黄华艳, 等. 广西松褐天牛种群动态初探[J]. 广西林业科学, 2021, 50(4): 447-452.
- [14] BENTZ B, VANDYGRIFF J, JENSEN C, et al. Mountain pine beetle voltinism and life history characteristics across latitudinal and elevational gradients in the western United States[J].

- Forest Science, 2014, 60(3): 434-449.
- [15] HUANG J. Effects of climate change on different geographical populations of the cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera, Noctuidae)[J]. Ecology and Evolution, 2021, 11(24): 18357-18368.
- [16] DEUTSCH C A, TEWKSURY J J, Huey R B, et al. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America, 2008, 105(18): 6668-6672.
- [17] 董兆克, 戈 峰. 温度升高对昆虫发生发展的影响[J]. 应用昆虫学报, 2011, 48 (5): 1141-1148.
- [18] 孙玉诚, 郭慧娟, 戈 峰. 昆虫对全球气候变化的响应与适应性[J]. 应用昆虫学报, 2017, 54 (4): 539-552.
- [19] LOMBARDO J A, WEED A S, AOKI C F, et al. Temperature affects phenological synchrony in a tree-killing bark beetle[J]. Oecologia, 2018, 188(1): 117-127.
- [20] ROBINET C, ROQUES A. Direct impacts of recent climate warming on insect populations[J]. Integrative Zoology, 2010, 5(2): 132-142.
- [21] 马春森, 马 犀, 赵 飞. 气候变暖对麦蚜的影响[J]. 应用昆虫学报, 2014, 51 (6): 1435-1443.
- [22] ROMITI F, DE ZAN L R, DE GASPERIS S R, et al. Latitudinal cline in weapon allometry and phenology of the European stag beetle[J]. Nature Conservation, 2017, 19(19): 57-80.
- [23] 韩宗礼, 谭晓玲, 范 佳, 等. 模拟气候变暖对不同纬度带麦长管蚜和禾谷缢管蚜种群动态的影响[J]. 植物保护学报, 2018, 45 (3): 592-598.
- [24] 张世渊, 肖灵亚, 蔡道尧. 松褐天牛蛹期生物学特性和有效积温的研究[J]. 森林病虫通讯, 1999, 18 (2): 15-17.
- [25] 韩 兵, 濮厚平, 王 蒙, 等. 松墨天牛卵期的预测预报[J]. 安徽农业大学学报, 2000, 27 (3): 247-249.
- [26] PARK C G, KIM D S, LEE S M, et al. A forecasting model for the adult emergence of overwintered *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae) larvae based on degree-days in Korea[J]. Applied Entomology and Zoology, 2014, 49(1): 35-42.
- [27] WEISS J, SHEFFIELD K, WEEKS A, et al. Modelling the incursion and spread of a forestry pest: case study of *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae) in Victoria[J]. Forests, 2019, 10(2): 198.
- [28] CRIMMINS T M, GERST K L, HUERTA D G, et al. Short-term forecasts of insect phenology inform pest management[J]. Annals of the Entomological Society of America, 2020, 113(2): 139-148.
- [29] Klapwijk M J, Battisti A, Ayres M P, et al. Assessing the impact of climate change on outbreak potential. In: Barbosa P, Letourneau D K, Agrawal A A (eds). Insect Outbreaks Revisited[M]. Blackwell Publishing Ltd, Oxford. 2012, 429-450.
- [30] 丁雪玲, 郑 宇, 姚凤銮, 等. 福建省烟粉虱种群消长动态及影响因素分析[J]. 应用昆虫学报, 2018, 55 (6): 1074-1080.
- [31] 李叶晨, 郭雅洁, 翁小倩, 等. 景观格局对松褐天牛种群密度的影响[J]. 林业科学, 2020, 56 (8): 80-88.
- [32] 李文博, 高 宇, 崔 娟, 等. 不同地理种群短额负蝗对环境温度的适应性[J]. 昆虫学报, 2021, 64 (8): 956-966.
- [33] 宋博文, 杨 龙, 潘云飞, 等. 农田景观格局对南疆苹果园梨小食心虫成虫种群动态的影响[J]. 中国农业科学, 2022, 55 (1): 85-95.
- [34] 雒珺瑜, 崔金杰, 王春义. 不同生态调控方式对棉田棉叶螨种群消长动态的影响[J]. 中国棉花, 2014, 41 (2): 19-21 + 26.
- [35] 高景斌, 黄云龙, 徐六一, 等. 黄山区松褐天牛成虫发生期及海拔分布分析[J]. 黄山学院学报, 2021, 23 (5): 56-59.
- [36] 潘明真, 张海平, 张长华, 等. 饲养密度和性比对蠋螬存活和繁殖生物学特性的影响[J]. 中国生物防治学报, 2018, 34 (1): 52-58.
- [37] 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.
- [38] 陈元兵, 姜其军, 王 玉. 豫南松材线虫病重点预防区松褐天牛种群动态研究[J]. 林业实用技术, 2014 (2): 37-38.

# Seasonal Phenology and Population Dynamics of Japanese Pine Sawyer *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae) in Different Regions of Jiangxi Province

PAN You-liang<sup>1,4</sup>, LIU Qing<sup>2</sup>, PENG Guan-di<sup>3</sup>, CHEN Yuan-sheng<sup>4</sup>,  
LI Jin<sup>5</sup>, CAO Yang<sup>6</sup>, LIU Xing-ping<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of National Forestry and Grassland Administration on Forest Ecosystem Protection and Restoration in Poyang Lake Watershed, School of Forestry, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 2. Fengshushan forest farm of Jingdezhen, Jingdezhen 333400, China; 3. Jiangxi Forestry Harmful Organism Control and Quarantine Bureau, Nanchang 330077, China; 4. Jiangxi Environmental Engineering Vocational College, Ganzhou 341000, China; 5. Forestry Bureau of Quannan Country, Quannan 341800, China; 6. Forestry Bureau of Nankang District, Nankang 341400, China)

**Abstract:** [Objective] The seasonal phenological characteristics and population dynamics of Japanese pine sawyer beetle, *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae), in different regions of Jiangxi province were analyzed to provide the basic data and scientific basis for improving the local population monitoring level and formulating accurate control strategies of this beetle. [Method] The initial and terminal occurrence periods, activity peak period and the sex ratio of adult *M. alternatus* were monitored through setting up monitoring plots and installing the attractant traps in pure stands of Masson pine forest in Quannan, Nankang, Wan'an, Nancheng, Wanli and Fuliang along the latitude gradient of about 1° in Jiangxi province. [Results] The initial occurrence periods of *M. alternatus* in Jiangxi were from late March to early May, and were obviously delayed from south to north regions. The final appearance periods of this beetle were from early October to early December, and were obviously shorten from south to north regions. The occurrence period of adults *M. alternatus* lasted for 5-9 months and decreased significantly from south to north regions. Adult activity peak period gradually postponed and the peaks transited from 2 to 1 from south to north regions. The population density of *M. alternatus* in central Jiangxi were larger than that in southern or northern Jiangxi. The sex ratio of this beetle was 1: 0.74-0.87, showing biased female and no difference was found in different regions of Jiangxi province. There was an obviously positive correlation between trapping amounts of this beetle and the mortality of Masson pine. [Conclusion] Geographical latitude and local climatic conditions significantly affect the seasonal occurrence and adult activity peak of *M. alternatus*, and the population density of *M. alternatus* is positively related with the mortality of their host plant.

**Keywords:** occurrence period; phenology; population density; sex ratio; *Monochamus alternatus* Hope.

(责任编辑：崔 贝 )