

文章编号: 1001-1498(2008)03-0411-04

## 萧氏松茎象虫口密度与虫孔数的关系研究

彭龙慧<sup>1</sup>, 许永青<sup>1</sup>, 温小遂<sup>2</sup>

(1. 江西农业大学园林与艺术学院, 江西 南昌 330045; 2. 江西省森林病虫害防治站, 江西 南昌 330077)

关键词: 萧氏松茎象; 虫口密度; 虫孔; 数学模型  
中图分类号: S763.7 文献标识码: A

### Relationship between Mean Population Density and Worm Hole of *Hylobitelus xiaoi* Zhang in Slash Pine

PENG Long-hui<sup>1</sup>, XU Yong-qing<sup>1</sup>, WEN Xiao-sui<sup>2</sup>

(1. College of Landscape Architecture and Art, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, Jiangxi, China;  
2. Jiangxi Forest Pest and Disease Control Station, Nanchang 330077, Jiangxi, China)

**Abstract:** 44 plots were set up in different slash pine plantations in Jiangxi Province. The relationship between the mean population density of *Hylobitelus xiaoi* and the mean worm hole in slash pine were investigated and 5 functions were found respectively. The results showed that the best suitable mathematics model could be described as:  $Y = 0.082x^2 + 0.2216x + 0.063$ , and the table of relationship between the mean population density of *H. xiaoi* and the mean worm hole in slash pine were established, which provided a simply method for number investigation and forecast of *H. xiao* in slash pine plantations.

**Key words:** *Hylobitelus xiaoi*; population density; worm hole; mathematical model

萧氏松茎象 *Hylobitelus xiaoi* Zhang (Coleoptera: Curculionidae) 是我国近年来危害最为严重的松林钻蛀性害虫<sup>[1]</sup>, 主要危害湿地松 (*Pinus elliottii* Engelman), 也危害火炬松 (*P. taeda* L.), 马尾松 (*P. massoniana* Lamb) 和华山松 (*P. amandi* Franch)。该虫以幼虫侵入树干基部或根颈部, 蛀害韧皮组织, 造成湿地松大量流脂, 降低松脂产量, 严重时可导致树木死亡<sup>[2]</sup>。该害虫 1988 年首次在江西武功山发现<sup>[3]</sup>, 目前江西已有 10 个设区市的 57 个县(区)陆续发生该害虫的危害, 面积已达 11.5 万  $\text{hm}^2$ , 枯死树超过 250 万株<sup>[4]</sup>, 给林业生产造成了严重的经济损失, 破坏了生态环境。此外, 湖南<sup>[5]</sup>、广东<sup>[6]</sup>、贵州<sup>[7]</sup>、湖北<sup>[8]</sup>、广西<sup>[9]</sup>和福建<sup>[10]</sup>先后报道了萧氏松茎象的发生, 该害虫的迅速扩散, 对我国南方的林业生态工程建设将带来严重的影响。

萧氏松茎象生活隐蔽, 其卵、幼虫、蛹以及大部分越冬成虫都生存在树皮内<sup>[11]</sup>, 因而, 在萧氏松茎象虫口调查和测报工作中, 难以直接调查其虫口密度。林间调查发现, 受萧氏松茎象危害的湿地松, 通气孔中有紫红色稀酱状或花白色粘稠状排泄物流出, 据此, 容易判别虫孔数量。鉴于此, 本文试图通过对萧氏松茎象虫口数量和虫孔数量进行调查, 来研究萧氏松茎象虫口密度与虫孔数之间的关系, 建立相关模型, 为该害虫的虫口调查和预测预报提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查方法

根据萧氏松茎象发生状况, 在江西赣西北修水县、赣东北玉山县、赣中宜丰县、分宜县、安福县和赣

收稿日期: 2007-07-27

基金项目: 国家林业局重点课题资助项目 (2001-22)

作者简介: 彭龙慧 (1956—), 男, 江西万年人, 教授, 研究方向为森林昆虫学. E-mail penglh13@yahoo.com.cn

南信丰县、石城县,选择不同受害程度的湿地松林设置样地,林龄 7~18 a,树高 4.66~10.9 m,胸径 8.95~17.21 cm,每个样地面积 0.07 hm<sup>2</sup>,共计 44 个。

在林分踏查的基础上,进行详查。调查时,在样地内采用对角线抽样法,随机选取 15 株湿地松,测其树高、胸径,取其均值,同时调查每株树上的虫孔数、虫数(成虫数、幼虫数、蛹数),计算出平均虫孔数与平均虫口密度。

### 1.2 建立数学模型

应用数理统计原理,分别用指数函数  $y = ae^{bx}$ 、幂函数  $y = ax^b$ 、一元二次函数  $y = ax^2 + bx + c$ 、直线函数  $y = ax + b$  和对数函数  $y = a \ln(x) + b$  进行拟合,然后通过比较分析,得出最优关系模型,并绘制模型曲线图。

### 1.3 数据处理

采用 SAS8.2 统计分析软件进行线性回归和方差分析<sup>[12-14]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 萧氏松茎象虫孔数与虫口密度关系的确定

44 个样地的萧氏松茎象平均虫孔数与平均虫口密度调查结果列于表 1。

表 1 萧氏松茎象虫孔与虫口密度调查

样地号	平均虫孔 / (个·株 <sup>-1</sup> )	平均虫口 / (头·株 <sup>-1</sup> )	样地号	平均虫孔 / (个·株 <sup>-1</sup> )	平均虫口 / (头·株 <sup>-1</sup> )
1	0.80	0.13	23	0.47	0.07
2	2.90	1.10	24	3.20	1.53
3	2.67	0.80	25	3.40	1.00
4	1.67	0.40	26	3.93	2.27
5	2.27	0.73	27	1.07	0.40
6	1.47	0.53	28	1.60	0.73
7	2.67	1.47	29	2.33	0.93
8	1.40	0.80	30	0.80	0.33
9	0.53	0.20	31	1.93	0.87
10	1.27	0.20	32	3.93	2.47
11	0.27	0.07	33	2.20	1.27
12	2.40	0.93	34	1.20	0.67
13	0.80	0.13	35	1.73	0.73
14	2.80	2.20	36	1.00	0.47
15	2.60	1.27	37	0.53	0.40
16	0.13	0.07	38	0.07	0.07
17	1.15	0.23	39	0.93	0.40
18	0.80	0.33	40	1.00	0.60
19	0.27	0.27	41	2.80	1.60
20	1.33	0.27	42	1.87	0.87
21	0.60	0.20	43	0.93	0.27
22	2.27	1.00	44	2.13	0.87

以表 1 中的平均虫孔数作为自变量 X (横轴),平均虫口密度作为因变量 Y (纵轴),建立直角坐标系,画出散点图,用指数函数、幂函数、一元二次函

数、直线函数和对数函数进行拟合,绘制各拟合方程的相关关系图(见图 1),同时求出各线性方程和相关系数(见表 2)。

表 2 拟合的 5 种线性方程及相关系数

函数名称	函数方程	相关系数 (R)
一元二次函数	$Y = 0.082 0x^2 + 0.221 6x + 0.063$	0.911 7
直线函数	$Y = 0.528 9x - 0.136 6$	0.899 4
幂函数	$Y = 0.400 2x^{0.982 2}$	0.882 8
指数函数	$Y = 0.124 7e^{0.842 2x}$	0.879 0
对数函数	$Y = 0.508 3 \ln(x) + 0.619 4$	0.744 5

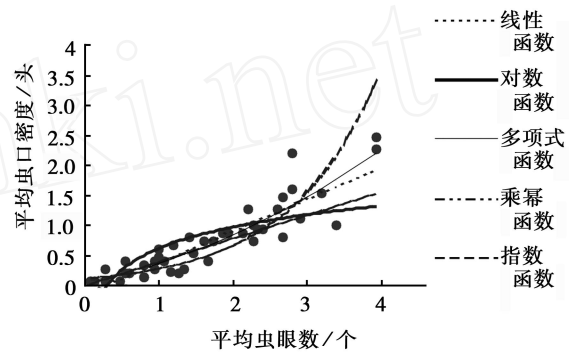


图 1 虫孔数与虫口密度函数关系

指数函数  $y = 0.124 7 e^{0.842 2x} \quad R^2 = 0.772 6$

多项式  $y = 0.082 x + 0.221 6x + 0.063 \quad R^2 = 0.831 5$

线性  $y = 0.528 9x - 0.136 6 \quad R^2 = 0.808 9$

乘幂  $y = 0.400 2x^{0.982 2} \quad R^2 = 0.779 4$

对数  $y = 0.508 3 \ln(x) + 0.619 4 \quad R^2 = 0.543$

从表 2 中可看出,一元二次函数的相关系数最大,为 0.911 7,直线函数、幂函数和指数函数的相关系数次之,分别为 0.899 4、0.882 8 和 0.879 0,均在 0.85 以上,而对数函数的相关系数最小,仅为 0.744 5。

对上述相关系数大于 0.85 的不同类型曲线作相应的数学变换,化成直线方程后进行方差分析,结果列于表 3。

由表 3 可知,各方程拟合效果都极显著。为从上述 4 个曲线方程中找出最佳拟合方程,将表 1 中的数据分别代入一元二次函数、直线函数、幂函数和指数函数计算出林间预测虫口密度和残差,并将结果列于表 4。

由表 4 可知幂函数、一元二次函数、直线函数和指数函数的残差平方和分别为 4.17、2.62、2.98 和 6.09。残差平方和的大小顺序为一元二次函数 > 直线函数 > 幂函数 > 指数函数,一元二次函数的残差平方和最小。

从相关系数 R 和残差分析结果可知,一元二次

函数的  $R$  值最大,残差平方和最小。 $R$  值越大说明相关性越强;在分析多个函数拟合效果时,残差平方和越小的曲线方程,拟合效果越佳,因而在此可判定一元二次函数为最优拟合方程。

### 2.2 数学模型的应用

根据上述最优一元二次函数模型建立湿地松林萧氏松茎象平均虫孔与平均虫口密度关系速查表(见表 5)。应用此表,林间只需调查虫孔数,查表便可知萧氏松茎象虫口密度,为萧氏松茎象虫口密度调查提供了一种新的手段。

表 3 4种函数方差分析

函数名称	误差来源	平方和	自由度	均方	F 值	显著水平
幂函数	模型	6.079 6	1	6.079 6	148.357 0	0.000 1
	误差	1.721 1	42	0.041 0		
	总和	7.800 7	43			
一元二次函数	模型	12.953 6	2	6.476 8	101.189 0	0.000 1
	误差	2.624 3	41	0.064 0		
	总和	15.577 9	43			
线性函数	模型	12.600 5	1	12.600 5	177.749 0	0.000 1
	误差	2.977 4	42	0.070 9		
	总和	15.577 9	43			
指数函数	模型	31.955 2	1	31.955 2	142.725 0	0.000 1
	误差	9.403 5	42	0.223 9		
	(总和)	41.358 7	43			

表 4 林间虫口密度估值及残差数据

样地号	平均实测虫口 / (头·株 <sup>-1</sup> )	幂函数		一元二次函数		直线函数		指数函数	
		预测虫 / (头·株 <sup>-1</sup> )	残差	预测虫 / (头·株 <sup>-1</sup> )	残差	预测虫 / (头·株 <sup>-1</sup> )	残差	预测虫 / (头·株 <sup>-1</sup> )	残差
1	0.13	0.32	0.04	0.29	0.03	0.29	0.02	0.24	0.01
2	1.10	1.14	0.00	1.40	0.09	1.40	0.09	1.43	0.11
3	0.80	1.05	0.06	1.24	0.19	1.27	0.22	1.18	0.14
4	0.40	0.66	0.07	0.66	0.07	0.74	0.12	0.51	0.01
5	0.73	0.89	0.03	0.99	0.06	1.06	0.11	0.84	0.01
6	0.53	0.58	0.00	0.56	0.00	0.64	0.01	0.43	0.01
7	1.47	1.05	0.17	1.24	0.05	1.27	0.04	1.18	0.08
8	0.80	0.56	0.06	0.53	0.07	0.60	0.04	0.41	0.16
9	0.20	0.22	0.00	0.20	0.00	0.15	0.00	0.20	0.00
10	0.20	0.50	0.09	0.48	0.08	0.53	0.11	0.36	0.03
11	0.07	0.11	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.16	0.01
12	0.93	0.95	0.00	1.07	0.02	1.13	0.04	0.94	0.00
13	0.13	0.32	0.04	0.29	0.03	0.29	0.02	0.24	0.01
14	2.20	1.10	1.21	1.33	0.76	1.34	0.73	1.32	0.78
15	1.27	1.02	0.06	1.19	0.01	1.24	0.00	1.11	0.02
16	0.07	0.06	0.00	0.09	0.00	-0.07	0.02	0.14	0.01
17	0.23	0.46	0.05	0.43	0.04	0.47	0.06	0.33	0.01
18	0.33	0.32	0.00	0.29	0.00	0.29	0.00	0.24	0.01
19	0.27	0.11	0.02	0.13	0.02	0.00	0.07	0.16	0.01
20	0.27	0.53	0.07	0.50	0.06	0.57	0.09	0.38	0.01
21	0.20	0.24	0.00	0.23	0.00	0.18	0.00	0.21	0.00
22	1.00	0.89	0.01	0.99	0.00	1.06	0.00	0.84	0.03
23	0.07	0.19	0.02	0.18	0.01	0.11	0.00	0.18	0.01
24	1.53	1.25	0.08	1.61	0.01	1.56	0.00	1.85	0.10
25	1.00	1.33	0.11	1.76	0.58	1.66	0.44	2.19	1.40
26	2.27	1.54	0.53	2.20	0.00	1.94	0.10	3.42	1.34
27	0.40	0.43	0.00	0.39	0.00	0.43	0.00	0.31	0.01
28	0.73	0.63	0.01	0.63	0.01	0.71	0.00	0.48	0.06
29	0.93	0.92	0.00	1.03	0.01	1.10	0.03	0.89	0.00
30	0.33	0.32	0.00	0.29	0.00	0.29	0.00	0.24	0.01
31	0.87	0.76	0.01	0.80	0.00	0.89	0.00	0.64	0.05
32	2.47	1.54	0.87	2.20	0.07	1.94	0.27	3.42	0.92
33	1.27	0.87	0.16	0.95	0.10	1.03	0.06	0.80	0.22
34	0.67	0.48	0.04	0.45	0.05	0.50	0.03	0.34	0.11
35	0.73	0.69	0.00	0.69	0.00	0.78	0.00	0.54	0.04
36	0.47	0.40	0.00	0.37	0.01	0.39	0.01	0.29	0.03
37	0.40	0.22	0.03	0.20	0.04	0.15	0.06	0.20	0.04
38	0.07	0.03	0.00	0.08	0.00	-0.10	0.03	0.13	0.00
39	0.40	0.37	0.00	0.34	0.00	0.36	0.00	0.27	0.02
40	0.60	0.40	0.04	0.37	0.05	0.39	0.04	0.29	0.10
41	1.60	1.10	0.25	1.33	0.07	1.34	0.07	1.32	0.08
42	0.87	0.74	0.02	0.76	0.01	0.85	0.00	0.60	0.07
43	0.27	0.37	0.01	0.34	0.01	0.36	0.01	0.27	0.00
44	0.87	0.84	0.00	0.91	0.00	0.99	0.02	0.75	0.01
( )			4.17		2.62		2.98		6.09

备注:残差 = (平均实测虫口 - 预测虫口)<sup>2</sup>

表 5 平均虫孔与平均虫口密度速查表

平均虫孔数 / (个·株 <sup>-1</sup> )	平均虫口密度 / (头·株 <sup>-1</sup> )	平均虫孔数 / (个·株 <sup>-1</sup> )	平均虫口密度 / (头·株 <sup>-1</sup> )
0.25	0.12	2.25	0.98
0.5	0.19	2.5	1.13
0.75	0.28	2.75	1.29
1	0.37	3	1.47
1.25	0.47	3.25	1.65
1.5	0.58	3.5	1.84
1.75	0.70	3.75	2.05
2	0.83	4	2.26

### 3 结语与讨论

虫口密度调查是森林害虫测报和综合治理的重要内容之一。对钻蛀性害虫,在林间直接进行虫口密度调查十分不易,林业工作者往往通过对林间寄主被害状的调查来估测钻蛀性害虫的发生数量<sup>[15-16]</sup>。萧氏松茎象属钻蛀性害虫,温小遂等<sup>[17]</sup>通过对有虫株率和虫口密度的调查发现,湿地松林的有虫株率和萧氏松茎象虫口密度之间的关系可用某种指数函数来描述,而罗永松等<sup>[18]</sup>则认为湿地松林的有虫株率和萧氏松茎象虫口密度之间的关系符合某种双曲线函数。彭龙慧等<sup>[19]</sup>从萧氏松茎象在湿地松树上的虫孔数和虫口数关系着手,对萧氏松茎象的虫口密度调查进行过初步研究。在此基础上,本研究通过林间调查,收集数据,用指数函数、幂函数、一元二次函数、直线函数和对数函数来拟合萧氏松茎象的平均虫口密度和虫孔数之间的相关关系,发现平均虫口密度( $Y$ )和平均虫孔数( $x$ )之间关系密切,经过分析,一元二次函数:

$$Y = 0.082x^2 + 0.2216x + 0.063$$

相关系数  $R = 0.9117$ , 残差平方和最小,拟合程度最高,可判定为最优拟合方程。

利用虫孔数和虫口数关系进行萧氏松茎象虫口密度调查是一种新的调查方法。本文中优选出来的一元二次函数方程可用于湿地松林萧氏松茎象的虫口密度调查,较通过有虫株率来调查虫口密度更能直接反映与萧氏松茎象虫口密度的关系,解决了萧氏松茎象虫口调查困难的问题。为方便实际应用,本文利用优选出来的数学模型建立了萧氏松茎象虫

口密度速查表,这为林间萧氏松茎象发生量的调查和预测预报提供了一种简便的方法,较为省工省时,具有普遍的应用价值。

### 参考文献:

- [1] 张润志. 萧氏松茎象——新种论述(鞘翅目 象甲科) [J]. 林业科学, 1997, 33(6): 541 - 545
- [2] 罗永松, 黄烈燕, 孙江华. 萧氏松茎象危害与松树松脂量关系研究初报 [J]. 昆虫知识, 2004, 41(4): 364 - 367
- [3] 李宗顺, 刘玉生, 彭金福, 等. 萧氏松茎象生物学特性及其防治研究 [J]. 林业科学研究, 1998, 11(2): 198 - 202
- [4] 温小遂, 施明清, 匡元玉, 等. 萧氏松茎象发生成因及生态控制对策 [J]. 江西农业大学学报, 2004, 26(4): 495 - 498
- [5] 李明辉, 朱振飞. 萧氏松茎象生物学特性及防治技术措施 [J]. 湖南林业, 2000, 15(12): 13 - 15
- [6] 梁承丰, 蔡卫群, 龚志海, 等. 萧氏松茎象发生规律与虫情调查方法 [J]. 广东林业科技, 2003, 19(4): 23 - 26
- [7] 兰星平, 宋盛英, 李崇荣. 萧氏松茎象在贵州的分布、危害及治理策略 [J]. 贵州林业科技, 2003, 31(4): 30 - 36
- [8] 高发祥, 阙水发, 雷永松, 等. 萧氏松茎象生物学特性及防治方法研究 [J]. 湖北林业科技, 2005(2): 28 - 31
- [9] 罗杰. 浅谈广西萧氏松茎象防治措施 [J]. 广西林业科技, 2005, 34(4): 25 - 26
- [10] 杨铁中, 陈顺立, 黄炜东. 萧氏松茎象幼虫空间格局的地统计学分析 [J]. 福建林学院学报, 2006, 26(2): 123 - 126
- [11] Wen X S, Kuang Y Y, Shi M Q, et al. Biology of *Hylotilus xiaoi* Zhang (Coleoptera: Curculionidae), a new pest of slash pine, *Pinus elliottii* Engelm [J]. Journal of Economic Entomology, 2004, 97: 1958 - 1964
- [12] 贾乃光. 数理统计 [M]. 第 2 版. 北京: 中国林业出版社, 1993
- [13] 张孝羲. 昆虫生态及预测预报 [M]. 北京: 农业出版社, 1985
- [14] 薛富波, 张文彤, 田小燕, 等. SAS8.2 统计应用教程 [M]. 北京: 北京希望电子出版社, 2004
- [15] 邵崇武, 周嘉熹, 陈辉, 等. 杨树天牛有虫株率与平均虫口密度关系的研究 [J]. 西北林学院学报, 1995, 10(2): 32 - 35
- [16] 赵瑞良, 刘随存, 吕小红. 桑天牛综合治理的研究 [M] // 陈昌洁, 沈瑞祥, 潘允中. 中国主要森林病虫害防治研究进展. 北京: 中国林业出版社, 1999: 211 - 214
- [17] 温小遂, 唐艳龙, 施明清, 等. 萧氏松茎象有虫株率与虫口密度关系的研究 [J]. 江西农业大学学报, 2005, 27(6): 843 - 846
- [18] 罗永松, 黄昌华, 温小遂, 等. 萧氏松茎象幼虫有虫株率与虫口密度相关关系. [J]. 中国森林病虫, 2004, 25(5): 15 - 18
- [19] 彭龙慧, 温德才. 萧氏松茎象在湿地松林中的虫口分布研究 [J]. 江西植保, 2001, 24(3): 74 - 75