

马尾松毛虫的空间分布型 及抽样方法研究

谢维辉 苏 星 卢川川 李奕震

(华南农业大学林学院)

叶新峰

彭国林 李锦波

(肇庆市林业局)

(封开县林业局)

摘要 本文运用聚集度指标法、回归模型法和频次分布法研究了马尾松毛虫越冬代幼虫的空间分布型。结果表明幼虫的分布型符合聚集分布。低密度情况下的幼虫服从 Neyman A 型分布, 幼虫在单株树上的分布服从负二项分布, 各轮枝层虫口密度差异显著, 可将其划分为 3 组。比较 6 种不同的抽样方法, 以 Z 字形法为最好, 抽样数量以 24 株为宜。

关键词 马尾松毛虫; 空间分布型; 抽样方法

中图分类号 S763.420.3

马尾松毛虫 *Dendrolimus punctatus* Walker 是我国南方马尾松林的主要害虫。研究马尾松毛虫的空间分布型, 有助于揭示马尾松毛虫种群的生态学特性, 为提高抽样技术和试验设计的精确程度, 以及采用适当的数据处理方法提供科学的依据。同时也有助于深入了解该虫种群的结构、动态、猖獗和扩散行为以及种群的消长规律。因此, 对马尾松毛虫的空间分布型的研究无论在理论上还是生产实践上都具有重要意义。在虫情调查工作中, 如何根据抽样理论, 提供一个合理的抽样方法, 使其简单易行, 样本容量较小, 而又能较好地反映实际情况, 这是一个具有实用价值的课题。

关于马尾松毛虫的空间分布型及抽样方法的研究, 近 10 多年来国内已有一些报导^[2~5], 但由于在不同的虫期、年龄、密度或环境条件下, 其空间分布型会有差别, 所以这些报导的结论不尽一致, 尤其抽样方法的优劣, 意见各异。我们针对广东省这个特定的环境及马尾松毛虫的虫情特点, 开展了这个课题的研究。

1 研究方法

1.1 调查方法

1991 年 11~12 月, 我们在广东省重点林业县之一的封开县的南丰镇进行外业调查。调查地是丘陵山区, 海拔高度 40~120 m, 此地植被单纯, 主要有芒箕和岗松, 生态环境较差, 松毛虫发生频繁, 属常灾区, 马尾松林分系飞籽纯林, 树高多为 5~7 m, 郁闭度 0.4~0.8。

整个调查过程按“选择标准地——全面调查——抽样调查”程序进行, 在全面踏查基础上, 主要根据低、中、高 3 种类型虫口密度, 各随机取 3 块标准地共 9 块, 每块标准地面积约为 667 m²。对每块标准地先把全部立木统一编号, 然后用“振落法”调查每株树虫口数, 并记录树高、冠幅和轮枝盘数。最后采用 6 种不同的抽样方法在实地进行抽样。9 块标准地共调

查1308株树。为了研究越冬代幼虫在单株树上的分布,我们又在全方位选取了具有3层轮枝以上,且分层明显的100株树,用“振落法”逐层调查了虫口数,同时记录了树高、冠幅和枝下高。

1.2 分布型的测定方法

我们运用聚集度指标法,回归模型法和频次分布法对马尾松毛虫越冬代幼虫空间分布型进行测定。

本文采用以下8种聚集度指标^[1]:扩散系数 C ,负二项分布 K 值,扩散型指数 I_s ,David和Moore指标 I ,Cassie指标 Ca ,平均拥挤度 \bar{X} , \bar{X}/\bar{X} 指数和种群群集均数 λ 。

回归模型采用^[1]Iwao $\hat{X}-\bar{X}$ 回归模型 $\hat{X}=\alpha+\beta\bar{X}$ 和 Taylor 幂法则模型 $S^2=a\bar{X}^b$ 。

频次分布法是对马尾松毛虫越冬代幼虫是否服从Poisson分布、负二项分布和Neyman分布进行 χ^2 检验。

1.3 抽样方法

每块标准地全面调查虫口后,利用测杆、测绳等工具,分别采用单对角线法、双对角线法、Z字形法、平行线法、五点法和随机法等6种抽样方法在实地进行抽样,Z字形法上、下边平行于等高线,平行线法是等距离取垂直于等高线的3条平行线,凡离线0.5m内的树木都入样,五点法是在每点附近东西南北方各取一株树入样,随机法则利用随机数字决定样树号码。

关于抽样方法优劣的比较,首先用方差分析法检验各种抽样方法的差异性,差异显著则进一步进行多重比较;差异不显著,则在每块标准地内用t检验法检验抽样与全查结果的平均虫口的差异性。其次,计算每种抽样方法的平均偏差率。第三,用Iwao的公式计算各种虫口密度在允许误差下的最适抽样数,并在一定显著水平下估计抽样数范围,最后根据误差小,抽样数目少,且方法简便易行原则,综合评定较优抽样方法。

2 结果与分析

2.1 马尾松毛虫越冬代幼虫空间分布型的测定

2.1.1 以株为取样单位其空间分布型的测定 (1)根据9块标准地1308株树调查的虫口密度资料,计算8个聚集度指标值,结果见表1。由于 $C, I_s > 1; I, Ca > 0; \bar{X} > \bar{X}; K$ 值很小,可见南丰镇马尾松毛虫越冬代幼虫的空间分布型属聚集分布。

(2)经计算,Iwao回归方程为

$$\hat{X}=10.3044+1.6832\bar{X}$$

$r=0.9425$ 。Taylor回归方程为

$$S^2=1.1414\bar{X}^{1.9474}$$

由于 $\beta=1.68322$ 和 $b=1.9474$ 均大于1,所以两种回归模型都表明马尾松毛虫幼虫属聚集分布,又由 $\alpha > 0$ 和 $\beta > 1$,还表明分布为最普通的聚集分布,分布的基本成分为个体群,个体相互吸引。

为了进一步分析种群聚集原因,我们建立种群群集均数 λ 与平均虫口密度 \bar{X} 的回归方程

$$\lambda=-2.9319+0.8111\bar{X}$$

$r=0.9769$ 。可知群集均数 λ 随虫口密度的增高而增大,又平均虫口在6.0806头/株以下时, $\lambda < 2$,说明此时幼虫的聚集系由某些环境因素作用所致,超过此密度时, $\lambda \geq 2$,此时幼虫的聚

集除与环境因素有关外,亦与幼虫的聚集行为有关,即是说,平均每株 6.080 6 头幼虫是聚集机制发生变化的临界数值。

表1 马尾松毛虫越冬代幼虫聚集度指标

| 标准地 | 调查株数 | \bar{X} | S | C | K | I_0 | I | Ca | \hat{X} | \hat{X}/\bar{X} | λ |
|-----|------|-----------|-------|-------|------|-------|-------|------|-----------|-------------------|-----------|
| 1 | 118 | 44.07 | 60.51 | 83.09 | 0.54 | 2.86 | 82.09 | 1.86 | 126.16 | 2.86 | 0.52 |
| 2 | 228 | 78.71 | 76.55 | 74.46 | 1.07 | 1.93 | 73.46 | 0.93 | 152.17 | 1.93 | 1.53 |
| 3 | 124 | 56.06 | 46.08 | 37.87 | 1.52 | 1.66 | 36.87 | 0.65 | 92.93 | 1.66 | 2.51 |
| 4 | 171 | 92.94 | 76.05 | 62.22 | 1.52 | 1.66 | 61.22 | 0.66 | 154.16 | 1.66 | 2.40 |
| 5 | 165 | 24.51 | 32.87 | 44.08 | 0.57 | 2.76 | 43.08 | 1.76 | 67.59 | 2.76 | 0.58 |
| 6 | 120 | 1.49 | 1.63 | 1.78 | 1.92 | 1.53 | 0.78 | 0.52 | 2.27 | 1.52 | 2.49 |
| 7 | 105 | 28.78 | 27.16 | 25.62 | 1.17 | 1.86 | 24.62 | 0.86 | 53.40 | 1.86 | 1.72 |
| 8 | 127 | 59.61 | 46.47 | 36.22 | 1.69 | 1.59 | 35.22 | 0.59 | 94.83 | 1.59 | 2.90 |
| 9 | 150 | 2.59 | 2.28 | 2.01 | 2.56 | 1.39 | 1.01 | 0.39 | 3.60 | 1.39 | 4.47 |
| 总的 | 1308 | 46.78 | 60.80 | 79.02 | 0.60 | 2.67 | 78.02 | 1.67 | 124.81 | 2.67 | 24.99 |

(3)频次分布法测定,经 IBM—PC/XT 微机处理^[6]结果表明幼虫为非 Poisson 分布($\chi^2 = 1.030\ 082E + 13 > \chi_{0.05}^2(198) = 231.543\ 6$),属聚集分布(我们还进一步研究了用连续型分布来拟合其分布,这将在另文讨论)。对

低虫口(<10 头/株)的第 6 和第 9 两标准地(由多个方案间的总体平均数的统计排队法^[7],这两个标准地可划为 1 组),微机计算结果见表 2。结合对频率分布图的比较,我们认为在平均 10 头/株以下低虫口情况下,幼虫服从 Neyman A 型分布。

2.1.2 以轮枝层为取样单位,其在单株树上空间分布型的测定 (1)根据 100 株树各层虫口数的调查资料,计算 8 个聚集度指标值,结果见表 3。

由表 3 可见,马尾松毛虫越冬代幼虫在单株树上及各轮枝层上的分布均属聚集分布。又由种群群集均数 $\lambda < 2$,说明幼虫在单株树上的聚集原因系由某些环境因素作用所致,例如第 I、II 轮枝层的针叶量较多,向南面小气候较暖和等。

表2 马尾松毛虫越冬代幼虫分布的 χ^2 检验

| 分布类型 | Poisson 分布 | Neyman 分布 | 负二项分布 |
|-----------------|------------|-----------|-----------|
| χ^2 值 | 281.999 2 | 13.879 83 | 15.444 26 |
| $\chi_{0.05}^2$ | 16.919 | 15.507 31 | 15.507 31 |

表3 马尾松毛虫越冬代幼虫在各轮枝层聚集度指标

| 轮枝层 | \bar{X} | δ | C | K | I_0 | I | Ca | \hat{X} | \hat{X}/\bar{X} | λ |
|-----|-----------|----------|-------|------|-------|-------|------|-----------|-------------------|-----------|
| I | 32.30 | 33.08 | 33.87 | 0.98 | 2.02 | 32.87 | 1.02 | 65.17 | 2.02 | 1.35 |
| II | 23.34 | 26.95 | 31.11 | 0.78 | 2.29 | 30.11 | 1.29 | 53.46 | 2.29 | 0.97 |
| III | 16.45 | 17.35 | 18.30 | 0.95 | 2.05 | 17.30 | 1.05 | 33.75 | 2.05 | 1.29 |
| IV | 13.36 | 13.04 | 12.74 | 1.14 | 1.88 | 11.74 | 0.88 | 25.09 | 1.88 | 1.65 |
| V | 11.14 | 8.46 | 6.43 | 2.05 | 1.49 | 5.43 | 0.49 | 16.56 | 1.49 | 3.46 |
| 全株 | 21.16 | 24.96 | 29.42 | 0.75 | 2.33 | 28.42 | 1.34 | 49.60 | 2.34 | 0.91 |

(2)经计算,Iwao 回归方程为

$$\hat{X} = -5.2034 + 2.3342\bar{X}$$

$r = 0.9731$, Taylor 回归方程为

$$S^2 = 0.2275\bar{X}^{2.5023}$$

结果也表明越冬代幼虫在单株树上呈聚集分布。

(3)经微机处理,在单株树上幼虫的空间分布型属负二项分布($\chi^2 = 105.3735 < \chi_{0.05}^2(98) = 122.1078$)。

(4)把原始数据经对数转换后,由方差分析(表4)知,各轮枝层虫口平均数有极显著差异。

表4 各轮枝层虫口密度的方差分析表

| 变差来源 | 自由度 | 平方和 | 均方 | 均方比 | F. |
|------|-----|---------|--------|-----------|-------------------|
| 组间 | 4 | 6.0750 | 1.5188 | 8.01548** | $F_{0.01} = 3.37$ |
| 组内 | 393 | 74.4843 | 0.1895 | | |

再由多重比较法,结果如下

$$\bar{X}_1 \quad \bar{X}_2 \quad \bar{X}_3 \quad \bar{X}_4 \quad \bar{X}_5$$

可见各轮枝层虫口平均数可分为3组:第1和第2层各独立成1组,其余各层合成1组,第1、第2层和其余各层的虫口数分别占全树虫口数的36.1%、31.5%和32.4%。这个结果对虫情调查很有用,只要调查1株树第1层虫口,再乘上2.77即为整株树的虫口数,这对调查高大的树的虫口很有意义。

2.2 抽样方法

2.2.1 抽样方法的比较 在每个标准地实地采用6种抽样方法进行抽样,对所得数据,经对数变换后进行方差分析,结果如表5。

表5 抽样方法、标准地虫口密度的方差分析表

| 变差来源 | 自由度 | 平方和 | 均方 | 均方比 | F _{α,0} |
|------|-----|----------|---------|-------------|------------------------|
| 抽样方法 | 5 | 0.014 0 | 0.002 8 | 0.285 7 | |
| 标准地 | 8 | 14.047 1 | 1.755 9 | 179.173 5** | F _{α,0} =2.99 |
| 误差项 | 40 | 0.391 5 | 0.009 8 | | |

由表5可见,6种抽样方法所得的虫口平均数无显著差异。为了筛选出较好的抽样方法,我们又在0.05显著水平下,对各标准地的各种抽样方法所得的虫口平均数与全查所得虫口平均数差异性进行t检验,结果在6种抽样方法中,只有Z形法和随机法在各标准地中都没有显著差异,因此就适应范围这一点而言,这两种抽样方法较其它4种方法要好些。此外,我们计算了各抽样方法的平均偏差率,结果如表6,可见Z形法的平均偏差率最小,而且各偏差率的波动也最小。综上所述,6种抽样方法中,以Z形法为最优,此外双对角线法、五点法和平行线法亦可用。

表6 抽样方法的平均偏差率及标准差

| | 单对角线法 | Z形法 | 五点法 | 平行线法 | 双对角线法 | 随机法 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均偏差率(%) | 35.31 | 14.05 | 20.36 | 22.84 | 20.30 | 25.68 |
| 标准差 | 17.06 | 9.30 | 19.02 | 17.21 | 13.80 | 11.57 |

2.2.2 最适抽样数 根据Iwao的抽样数的计算公式^[5],在各种虫口密度下计算得的最适抽样数如表7。由于南丰镇马尾松毛虫越冬代幼虫虫口密度 $\bar{X}=46.7836$ 头,由表7,在允许误差 $D=0.2$ 头情况下,最适抽样数 N 可取24株。

表7 马尾松毛虫越冬代幼虫在各种密度下的抽样数

| D | \bar{X} | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|-----|
| | 1 | 2 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| 0.1 | 119.9 | 634 | 181 | 125 | 106 | 97 | 91 | 87 | 84 | 82 | 81 | 80 |
| 0.2 | 300 | 159 | 45 | 31 | 27 | 24 | 23 | 22 | 21 | 21 | 20 | 20 |
| 0.3 | 133 | 70 | 20 | 14 | 12 | 11 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 | 9 |

2.2.3 Z形法抽样数的估计 根据9块标准地实地抽样数资料,Z形法平均抽样数为22.4株,抽样数的0.95置信区间为[19,27],又Z字上下两边抽样数的0.95置信区间为[11,16],斜边抽样数的0.95置信区间为[8,10]。

3 结论

3.1 南丰镇马尾松毛虫越冬代幼虫的空间分布型为聚集分布,分布的基本成分为个体群,个体间相互吸引。平均每株6.0806头是种群幼虫聚集机制发生变化的临界值。平均每株小

于10条的低虫口马尾松毛虫越冬代幼虫属 Neyman A 型分布,而中、高虫口情况有待加大样本量,明确分组后进一步研究。

3.2 单株树上马尾松毛虫越冬代幼虫的空间分布型为负二项分布,聚集原因系由于环境的影响。各轮枝层平均虫口数有显著差异,按虫口密度,可把各轮枝层划分为3组:第1和第2层各独立成1组,其它各层合成1组,第1层虫口密度最大,调查高大树的虫口时,可只调查第1层虫口数,再乘上2.77,作为整株树虫口的估计数。

3.3 对南丰镇马尾松毛虫越冬代幼虫的抽样调查,抽样方法以Z字形法为最好,它的平均偏差率最小,抽样数量较少,方法简单易行,在实际上采用Z字形法进行虫口调查时,宜抽取24株,Z字的上、下和斜边可各取8株,上下边平行于地形等高线。

致谢 林学88级吴泽鹏、周炽康、许耀辉和吴畴炼同学参加调查工作,特此致谢。

参 考 文 献

- 1 丁岩钦. 昆虫种群数学生态学原理与应用. 北京:科学出版社,1980. 113~122
- 2 于建国,朱志泉. 衢州马尾松毛虫空间格局及其抽样技术. 浙江林业科学,1986,6(3):44~51
- 3 王淑芬,何剑琴,李去惑,等. 马尾松毛虫空间分布型及其抽样技术研究. 中南林学院学报,1983,3(1):28~44
- 4 王振威,郑红旗,李桂和,等. 松毛虫蛹和越冬幼虫空间分布型及取样方法研究. 林业科技通讯,1989(7):3~7
- 5 李天生,柴希民,吴征东. 马尾松毛虫的空间分布型及其在实践上的应用. 林业科学,1981,17(4):343~350
- 6 郎奎健,唐守正. IBMPC系列程序集. 北京:中国林业出版社,1989, 363~371
- 7 潘维栋. 数理统计方法. 上海:上海教育出版社,1980,174~184

STUDIES ON THE SPATIAL DISTRIBUTION PATTERNS OF PINE CATERPILLAR (*Dendrolimus pumctatus* Walker) AND SAMPLING METHODS

Xie Weihui Su Xing Lu Chuanchuan Li Yizhen

(College of Forestry, South China Agr. Univ.)

Ye Xinfeng Peng Guolin Li Jinbo

(Forestry Bureau of Zhaoqing)(Forestry Bureau of Fengkai county)

Abstract The spatial distribution patterns of overwintering larvae of the pine caterpillar were studied by means of index of aggregation, regression model and frequency distribution. The result showed an aggregation distribution pattern for the larvae. Under low population density the distribution of the larvae obeyed Neyman distribution. In a single pine tree the larvae exhibited negative binomial distribution. The larval density between verticillate branches varied greatly and it should be divided into three groups. Different sampling methods were compared and the Z-shaped method found to be the best. The number of trees from which we took samples for survey was 24.

Key words Pine caterpillar; Spatial distribution pattern; Sampling method