

广西沙塘林场马尾松毛虫越冬代幼虫空间分布型 Spatial Distribution Pattern of Overwintering *Dendrolimus punctatus* Larva in Shatang Forest Farm of Guangxi

刘有莲¹,黄寿昌¹,曹书阁¹,刘建敏²

LIU You-lian¹,HUANG Shou-chang¹,CAO Shu-ge¹,LIU Jian-min²

(1. 广西生态工程职业技术学院,广西柳州 545004;2. 崇左市林业勘测设计院,广西南宁 545001)

(1. Guangxi Eco-engineering Vocational & Technical College, Liuzhou, Guangxi, 545004, China; 2. Chongzuo Forestry Survey and Design Institute, Nanning, Guangxi, 545001, China)

摘要:于2009年1月采用棋盘式抽样方法,调查广西沙塘林场马尾松毛虫(*Dendrolimus punctatus* Walker.)越冬代幼虫口密度,采用分布型指数及回归模型法探讨马尾松毛虫越冬代幼虫空间分布型。结果表明,广西沙塘林场马尾松毛虫越冬代幼虫的空间分布型呈聚集型分布,分布的基本成分为个体群;马尾松毛虫越冬实际累积虫数为1190条,低于拒绝限下界(1347),说明不需要进行松林全面防治。

关键词:马尾松毛虫 空间分布型 序贯抽样

中图分类号:S763.42 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2010)02-0178-04

Abstract: In January 2009, the population spatial pattern of overwintering *Dendrolimus punctatus* larva was analyzed, using the indices of distribution and regressive models with checkerboard sampling, based on the data of mean population density of the larva in Shatang Forest-farm of Guangxi. The results showed that in this forest-farm the spatial pattern of overwintering *D. punctatus* larva exhibited an aggregation pattern, with individual colony as its component. The actual cumulative number of Worm-like investigation was 1190, lower than the rejection lower bound (1347), indicating that pine trees do not need full control.

Key words: *Dendrolimus punctatus* Walker., spatial distribution pattern, sequential sampling

马尾松毛虫(*Dendrolimus punctatus* Walker.)是松树第一大森林害虫,主要危害马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.),还可危害湿地松(*P. elliotii* Engelm.)、火炬松(*P. taeda* Linn.)、黑松(*P. thunbergii* Parl.)等,每3~5a周期性爆发成灾。松树受害轻则生长迟缓、松脂减少,严重时形似火烧,成片松林枯死^[1]。2006年广西沙塘林场马尾松毛虫越冬代爆发成灾,受害面积占松林80%以上,受害严重的松树针叶几乎被吃光,造成极大的经济损失与生态影响。因此,做好马尾松毛虫越冬代幼虫调查与预报,探讨马尾松毛虫发生规律并找到有效抑制该害虫方法才能有效的保护松树资源,维护生态平衡。

空间分布是松毛虫种群的重要属性之一。它的形成是松毛虫种群的生物学特性与特定条件相互作用协同进化的结果。若物种个体间相互吸引,就会出现聚集型;个体间相互独立,就会出现随机型;个体间相互排斥,就会出现均匀型^[2]。研究昆虫在自然环境中的空间分布型,有助于深入了解该种群的结构动态、猖獗和扩散行为以及种群消长规律,为确定合理的林间抽样数、掌握种群动态及防治技术提供理论依据^[3,4]。我们于2009年1月调查广西沙塘林场马尾松毛虫越冬幼虫的空间分布规律和种群现状,旨在为科学地预测该害虫的发展趋势,以及为马尾松毛虫的综合治理提供科学依据。

1 调查与研究方法

1.1 自然地理概况

广西沙塘林场位于柳州市郊北面,地处 E 108°

Guangxi Sciences, Vol. 17 No. 2, May 2010

收稿日期:2009-07-09

修回日期:2009-09-03

作者简介:刘有莲(1968-),女,副教授,主要从事植物有害生物控制技术教学与研究。

17°11'~108°24'52"、N 24°27'42"~24°30'07"，经营面积1184.1 hm²，松林面积654.9 hm²。属南亚热带气候，年平均气温20.1℃，年平均降水量为1429.7 mm。林场南低北高，地势平缓，海拔多在100~200m之间。植被属热带、亚热带过渡性植被类型，多为人工次生林地，共有植物157科525属1102种。主要树种为马尾松、湿地松、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、桉树(*Eucalyptus* spp.)等。低矮灌丛主要有桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa*)、铁芒萁(*Dicranopteris luinearis*)等。

1.2 调查方法

2009年1月采用棋盘式抽样方法^[2~6]调查广西沙塘林场马尾松毛虫越冬代幼虫虫口密度，设置14块25m×25m标准样地，每块样地随机选择20株马尾松树，调查干基2m高度的马尾松毛虫越冬幼虫，统计各株树有虫条数，计算虫口密度，记录林分状况、坡位、坡向和地被物种类，并统计归类。

1.3 研究方法

采用分布型指数法及回归模型法^[2,4,7]，研究马尾松毛虫越冬幼虫空间分布型。

1.3.1 分布型指数及回归模型^[8,9]

Lloyd 平均拥挤度 M^* 法： $M^* = \bar{x} + S^2/\bar{x} - 1$ (式中： \bar{x} 为均数； S^2 为方差，以下同)。

David、Moore 聚集指标 I 法： $I = S^2/\bar{x} - 1$ ，当 $I = 0$ 时，随机分布； $I > 0$ 时，聚集分布； $I < 0$ 时，均匀分布。

Lloyd 聚块性指标 M^*/M 法： $M^*/M = M^*/\bar{x}$ ，当 $M^*/M = 1$ 时，随机分布； $M^*/M > 1$ 时，聚集分布； $M^*/M < 1$ ，均匀分布。

Cassie 的 Ca 指标法： $Ca = (S^2/\bar{x} - 1)/\bar{x}$ ，当 $Ca = 0$ 时，随机分布； $Ca > 0$ 时，聚集分布； $Ca < 0$ 时，均匀分布。

Moeisita 扩散系数 C 指标法： $C = S^2/\bar{x}$ ，当 $C = 1$ 时，随机分布； $C > 1$ 时，聚集分布； $C < 1$ 时，均匀分布。

Waters 负二项分布 K 指标法： $k = \bar{x}^2/(S^2 - \bar{x})$ ，当 $k = 0$ 时，随机分布； $k > 0$ 时，聚集分布； $k < 0$ 时，均匀分布。

Iwao M^*-M 一元线性回归分析模型： $M^* = \alpha + \beta\bar{x}$ ，当 $\alpha = 0$ 时，分布的基本成分为单个个体；当 $\alpha > 0$ 时，个体间相互吸引，分布的基本成分为个体群； $\alpha < 0$ 时，个体间相互排斥。 β 为基本成分的空间分布图式，当 $\beta < 1$ 时为均匀分布；当 $\beta = 1$ 时为随机分布；当 $\beta > 1$ 时为聚集分布。

徐汝梅 M^*-M 改进型回归分析模型： $M^* = \alpha'$

$+ \beta'\bar{x} + \gamma\bar{x}^2$ ，其中， α' 为每个基本成分中个体分布数分布的平均拥挤度； β' 为在低密度下基本成分分布的相对聚集度； γ 为基本成分分布的相对聚集度随种群密度而变化的速率。当 $\alpha' = 0, \beta' = 1$ 时，随机分布； $\alpha' = 0, \beta' > 1$ ，均匀分布； $\alpha' > 0, \beta' = 1$ 时，聚集分布，个体群大小固定，而且个体群呈随机分布；当 $\alpha' = 0, \beta' > 1$ 时，聚集分布，且遵从具有公共 K 值的负二项分布；当 $\alpha' > 0, \beta' > 1$ 时，聚集分布。

Taylor 幂法则回归分析模型： $\lg S^2 = \lg a + b \lg \bar{x}$ ，当 $b < 1$ 时，均匀分布；当 $b = 1$ 时为随机分布；当 $b > 1$ 时为聚集分布。

兰星平一元线性回归模型： $C = a + bS^2$ ，当 $a > 1, b > 0$ 时，聚集分布。

1.3.2 最适抽样数^[10]

根据 $M^* = \alpha + \beta\bar{x}$ 回归模型 β 值，由平均虫口密度和允许误差确定合理抽样数， $N = \frac{t^2}{D^2}(\frac{\alpha+1}{\bar{x}} + \beta - 1)$ ，其中 N 为最适抽样数， t 为置信程度， t 一般取 1； D 为允许误差。

1.3.3 序贯抽样^[10]

根据 $M^* = \alpha + \beta\bar{x}$ 回归模型 α, β 值，确定临界防治指标 m_0 ，按序贯抽样计算不同调查株数时累积虫数上下限。

$$T'_{(n)} = nm_0 \pm t \sqrt{n(\alpha+1)m_0 + (\beta-1)m_0^2}$$

其中 $T'_{(n)}$ 为不同调查株数时累积虫数的上下限； n 为株数；一般取 $t = 1$ 。

2 结果与分析

2.1 空间分布型的测定

2.1.1 分布型指数法测定马尾松毛虫越冬幼虫空间分布

由表1可知，所调查14个样地 I 指标、 Ca 指标、 k 指标均大于0， M^*/M 指标、 C 指标均大于1，说明林间马尾松毛虫越冬幼虫呈聚集型分布。

2.1.2 回归模型法测定马尾松毛虫越冬幼虫聚集度指标回归模型

将表1有关数据代入回归得到马尾松毛虫越冬代幼虫聚集度指标回归模型，结果见表2。

Iwao 模型 ($M^* = \alpha + \beta\bar{x}$) 中， $\alpha = 0.98463048 > 0, \beta = 1.318320746 > 1, r = 0.966724809$ ；在徐汝梅的改进模型 ($M^* = \alpha' + \beta'\bar{x} + \gamma\bar{x}^2$) 中， $\alpha' = 0.32448658 > 0, \beta' = 1.710445871 > 1, r = 0.974640269$ ，在兰星平模型 ($C = a + bS^2$) 中， $a = 2.144245285 > 1, b = 0.051744762 > 0, r = 0.786414372$ ；Taylor 幂法则模型 ($\lg S^2 = \lg a + \lg \bar{x}$)

表1 马尾松毛虫越冬代幼虫聚集度指标的测定

Table 1 Mensuration of aggregation indices in overwintering *Dendrolimus punctatus* larva

样地 Plot	\bar{x}	S^2	M^*	I	M^*/M	C_a	C	k
1	0.2500	0.2875	0.4000	0.1500	1.6000	0.6000	1.1500	1.6667
2	1.8000	4.0600	3.0556	1.2556	1.6975	0.6975	2.2556	1.4336
3	0.2000	0.2600	0.5000	0.3000	2.5000	1.5000	1.3000	0.6667
4	0.7500	0.8875	0.9333	0.1833	1.2444	0.2444	1.1833	4.0909
5	2.6500	3.2275	2.8679	0.2179	1.0822	0.0822	1.2179	12.1602
6	0.9000	1.7900	1.8889	0.9889	2.0988	1.0988	1.9889	0.9101
7	9.4500	29.0475	11.5238	2.0738	1.2195	0.2195	3.0738	4.5568
8	1.8500	4.7275	3.4054	1.5554	1.8408	0.8408	2.5554	1.1894
9	3.2500	21.4875	8.8615	5.6115	2.7266	1.7266	6.6115	0.5792
10	10.000	87.9000	17.7900	7.7900	1.7790	0.7790	8.7900	1.2837
11	4.8500	30.8275	10.2062	5.3562	2.1044	1.1044	6.3562	0.9055
12	1.3500	2.9275	2.5185	1.1685	1.8656	0.8656	2.1685	1.1553
13	19.9500	132.3475	25.5840	5.6340	1.2824	0.2824	6.6340	3.5411
14	2.3500	3.4275	2.8085	0.4585	1.1951	0.1951	1.4585	5.1253

表2 马尾松毛虫越冬代幼虫的聚集度指标回归模型

Table 2 The regressive models of aggregation indices in overwintering *Dendrolimus punctatus* larva

模型名称 Model name	模型 Model	r
Iwao M^*-M 模型 Iwao M^*-M model	$M^* = 0.98463048 + 1.318320746x$	0.966724809
徐汝梅 M^*-M 改进模型 XU Ru-mei M^*-M improved model	$M^* = 0.32448658 + 1.710445871x - 0.0219628762x^2$	0.974640269
兰星平模型 LAN Xing-ping model	$C = 2.144245285 + 0.051744762 S^2$	0.786414372
Talor 幂法则模型 Talor power law model	$\lg S^2 = 0.277148413 + 1.424790931 \lg x$	0.97159029

中, $b = 1.424790931 > 1, r = 0.97159029$ 。4种模型均表明广西沙塘林场马尾松毛虫越冬幼虫在林间呈聚集型分布。基本成分分布的相对聚集度随种群密度而变化的速率 $\gamma = -0.021962876$ 。

2.2 最适抽样数的确定

根据 Iwao 模型, $\alpha = 0.98463048, \beta = 1.318320746$, 对于给定的允许误差 D 及可靠度, 计算得出不同虫口密度与允许误差条件下马尾松毛虫越冬幼虫的林间调查理论抽样数见表3。

表3结果表明, 在同一允许误差情况下, 抽样数随着平均虫口密度的增加而减少; 在相同虫口密度下, 随着抽样数减少误差增大。

2.3 序贯抽样决策

在马尾松毛虫管理的序贯决策中, 根据 Iwao 模型, 设 m_0 为临界防治指标, 则有上下限

表3 马尾松毛虫越冬代幼虫的林间调查理论抽样数

Table 3 Theoretic sample size in overwintering *Dendrolimus punctatus* larva in forestry

\bar{x}	理论抽样数 Theoretical sampling number		\bar{x}	理论抽样数 Theoretical sampling number	
	$D=0.1$	$D=0.2$		$D=0.1$	$D=0.2$
1	231	58	11	50	13
2	132	33	12	49	13
3	98	25	13	48	12
4	82	21	14	47	12
5	72	18	15	46	12
6	65	17	16	45	12
7	61	16	17	44	11
8	57	15	18	43	11
9	54	14	19	43	11
10	52	13	20	42	11

拒绝限(上界):

$$T'_{(n)} = nm_0 + t \sqrt{n(\alpha + 1)m_0 + (\beta - 1)m_0^2}, \quad (1)$$

拒绝限(下界):

$$T'_{(n)} = nm_0 - t \sqrt{n(\alpha + 1)m_0 + (\beta - 1)m_0^2}. \quad (2)$$

根据广西各地区马尾松生长状况, 以及马尾松毛虫历年的发生状况, 结合前人研究成果, 对于 10~15a 树龄的松树, 当虫口密度在 5~20 条/株时, 越冬幼虫有大发生趋势, 要做好重点防治, 治点保面^[11]。如取 $m_0 = 5$ 条/株和 $m_0 = 20$ 条/株, 由 Iwao 模型, 将 $\alpha = 0.98463048, \beta = 1.318320746$ 代入式(1)、(2), 取 $t = 1$, 制出序贯抽样表, 结果见表 4。

在实际应用时,如果调查株数 $n = 20$ 株,则拒绝限(上界) $T'_{(n)} = 115$,拒绝限(下界) $T'_{(n)} = 85$ 。当累计虫口密度超过上限指标 115,需及时防治;低于下限指标 85,不需防治;当界于上下限(115,85)之间时需要进行继续调查,确定是否进行防治。在本例中,如 $m_0 = 5$ 条/株,14 个样地调查总株数为 280 株,拒绝限上下界为(1453,1347),实际调查累积虫数为 1190 条,低于拒绝限的下界。说明不需要进行松林全面防治,只需要对 7、10、19 号样地代表虫源地松林进行马尾松毛虫越冬幼虫活动期防治。

表 4 马尾松毛虫越冬幼虫序贯分析

Table 4 The sequential analysis in overwinterin *Dendrolimus punctatus* larvan

调查株数 (株) Survey the number of plant (plants)	$m_0 = 5$ 条/株时累积虫数 (条) Article/plant pest when the cumulative number of $m_0 = 5$ (Article)		$m_0 = 20$ 条/株时累积虫数 (条) Article/plant pest when the cumulative number of $m_0 =$ 20(Article)	
	上限 Limit	下限 Lower limit	上限 Limit	下限 Lower limit
20	115	85	423	377
40	221	179	831	769
60	325	275	1237	1163
80	429	371	1642	1558
100	532	468	2046	1954
120	635	565	2451	2349
140	738	662	2854	2746
160	840	760	3258	3142
180	943	857	3661	3539
200	1045	955	4065	3935
220	1147	1053	4468	4332
240	1249	1151	4870	4730
260	1351	1249	5273	5127
280	1453	1347	5676	5524

3 结束语

广西沙塘林场马尾松毛虫越冬代幼虫的空间分布型呈聚集分布,分布的基本成分为个体群,个体间相互吸引。马尾松毛虫越冬累积幼虫数量在防治下限指标以下,说明不需要进行全面防治,只需要对马尾松毛虫越冬代大发生趋势点重点防治,治点保面,这样可以节省人力物力,减少经济损失。另外也要做好虫源地监测预防和活动期复查工作,以防虫口密度增长过快。

马尾松毛虫越冬代虫情调查数要根据虫情而定,用 Iwao 模型确定不同虫口密度下最适抽样数,为越

冬代害虫预测预报提供理论依据。在本例中,所调查 14 个样地累积虫数 1190 条,平均虫口密度为 4.25 条/株,如按允许误差 $D = 0.2$,则样地林间最适抽样数理论株数为 20 株,与实际调查的株数是吻合的。

本研究只是采用分布型指数法及回归模型法进行了马尾松毛虫越冬幼虫空间分布型的静态分析,如果结合比较频次法进行负二项分布、Neyman A 型、Poisson-二项分布、Thomas 双重 poisson 分布、带零的 poisson 分布、截尾负二项分布拟合进行分析,在理论上将会有更严密的概率基础^[2],这尚有待于进一步的探索。

致谢:

感谢李平、张少军、韦振海、张秀莹、薛娟萍老师、园林花卉 071 班、植物资源 071 班全体同学进行野外样地调查。

参考文献:

- [1] 萧刚柔. 中国森林昆虫[M]. 第 2 版. 北京:中国林业出版社,1992:3-43.
- [2] 陈昌洁. 松毛虫综合管理[M]. 北京:中国林业出版社,1990:61-75.
- [3] 李天生. 马尾松毛虫空间分布型及其在实践上的应用[J]. 林业科学,1981,17(4):1-5.
- [4] 谢维辉,苏星,卢川川,等. 马尾松毛虫的空间分布型及抽样方法研究[J]. 华南农业大学学报,1993,14(4):89-94.
- [5] 王淑芬,陈亮. 马尾松毛虫空间分布型及其抽样技术研究[J]. 中南林学院学报,1987,7(3):401-410.
- [6] 李友恭,吴敬,陈顺立,等. 马尾松毛虫空间分布型及其在实践上的应用[J]. 福建林学院学报,1990,10(3):243-245.
- [7] 段立清. 松梢小卷蛾 (*Rhyacionia pinicolana* Doubelday) 幼虫种群空间分布型及其应用[J]. 内蒙古林学院学报:自然科学版,1996,9(3):6-11.
- [8] 周国法,李天生. 用相关系数法研究昆虫种群空间分布型[J]. 林业科学,1987(昆虫专辑):67-71.
- [9] 丁岩钦. 昆虫种群数学生态学原理与应用[M]. 北京:科学出版社,1980:87-105,113-121.
- [10] 薛贤清. 森林害虫预测预报[M]. 北京:中国林业出版社,1992:64-70.
- [11] 黄金义,蒙美琼. 林木病虫害防治图册[M]. 南宁:广西人民出版社,1986:260-264.

(责任编辑:韦廷宗)