

32-39

1800 (5) 维普资讯 http://www.cqvip.com

在上树时间序列过程中，油松毛虫越冬幼虫扩散型变化的趋势分析

夏乃斌 屠泉洪[✓] 张素芬
(北京林业大学)

5763.42

摘 要

本文在测定油松毛虫越冬幼虫静态空间格局^[1]及其抽样技术研究的基础上，为了进一步揭示越冬幼虫在上树时序过程中扩散或聚集的变化趋势，本研究从越冬幼虫上树开始到结束，随着幼虫由树下逐渐向树上转移，分别以株为单元，轮为单元和枝为单元进行了3种抽样的调查，通过测定其种群聚集度指标，根据 Mont Lloyd(1987)^[2]给出的判断法，并在此基础上应用谐波分析法来研究越冬幼虫种群与其环境之间所表现的种的特性反应和行为^[3]。

关键词：油松毛虫，越冬幼虫上树过程，扩散，聚集，Lloyd方法，谐波分析。

越冬幼虫

一、材料与方 法

1. 标准地概况

我们于1988年在北京市密云县溪翁庄乡石墙沟村和平谷县刘店乡刘店村各选择了2块油松纯林作为标准地，依次记为LSA(I)、LSA(II)、LSA(III)和LSA(IV)。其标准地的概况列于表1。

表 1 标准地概况

Table 1 General condition of the experimental sites

标准地名称 Name of experimental sites	面积 (m ²) Area	坡向 Slope orientation	海拔(m) Above sea-level	郁闭度 Degree of closeness	树龄(a) Age of tree	平均树高(m) Average height of tree	平均胸径(cm) Average breast-diameter
LSA(I)	20010	南 S	313.5	0.5	20	2.24	3.34
LSA(II)	20010	北 N	316.0	0.6	20	2.37	3.16
LSA(III)	20010	东 E	200.0	0.5	10	2.12	2.82
LSA(IV)	20010	东 E	200.0	0.6	15	2.33	3.38

以上标准地均为油松毛虫常发生区。

2. 调查方法

根据油松毛虫幼虫抽样技术的研究结果^[4]，采用棋盘式抽样方法，分别在上述4块标准

地中各抽取 100 株油松作为标准树, 均匀地分布在标准地中, 并逐一加以编号。从油松毛虫越冬幼虫上树开始, 每隔 4 天对每块标准地各抽样调查一次, 每次同时以株为单元、轮为单元和枝为单元统计越冬幼虫上树的数量, 直至越冬幼虫上树结束。

3. 聚集度指标的确定

根据 3 种抽样方法的调查结果, 按照 Mont Lloyd (1967) 方法的要求^[2], 分别计算出种群聚集度指标, 相应求得每个标准地中 3 种抽样条件下的 m , m^* , m^*/m 或 $(m^* + 1)/m$, 并用样本 $\bar{X}$, X^* , $X^*/\bar{X}$ 或 $(X^* + 1)/\bar{X}$ 来代替。

二、结果与分析

1. 按照 Lloyd 方法, 分析种群扩散或聚集的趋势

Lloyd (1967) 综合考虑 m , m^* , m^*/m 或 $(m^* + 1)/m$ 值的变化 (见图 1), 并给予解释^[2]。

当 $m^* \downarrow$, $m \uparrow$ 时: 若 $m^*/m \downarrow$, 则种群为扩散; 当 $m^* \uparrow$, $m \downarrow$ 时: 若 $m^*/m \uparrow$, 则种群为聚集; 当 $m^* \downarrow$, $m \downarrow$ 时: 若 $(m^* + 1)/m \uparrow$, 则种群为聚集; 若 $(m^* + 1)/m \downarrow$, 则种群为扩散; 当 $m^* \uparrow$, $m \uparrow$ 时: 若 $(m^* + 1)/m \uparrow$, 则种群为聚集; 若 $(m^* + 1)/m \downarrow$, 则种群为扩散。

根据 Lloyd 方法, 对 3 种抽样方法的调查结果, 分别测其聚集度指标, 然后再对聚集与扩散的变化趋势进行符号检验, 结果表明: 不同标准地的不同抽样方法之间, 其聚集与扩散的变化趋势无显著差异 (当 $p = 95\%$ 时), 说明它们的变化规律基本是一致的。下面以一块标准地的调查资料为例加以说明。

(1) 以株为单元抽样的统计聚集度指标的结果

若株记为 T , 则可分别得到 $\bar{X}_T$, X_T^* , $X_T^*/\bar{X}_T$ 或 $(X_T^* + 1)/\bar{X}_T$ 。LSA(I) 的计算结果见表 2。

由表 2 可见, 油松毛虫幼虫在上树时间序列过程中, 初期表现为扩散, 当扩散到适宜的生态境后, 表现出聚集的趋势, 随着幼虫龄期增长, 食叶量增加, 由此引起食物短缺, 致使幼虫呈现扩散的趋势。当其平均密度达到 6 头以上后, 则聚集指数 $X_T^*/\bar{X}_T$ 的变化幅度很小。这说明越冬幼虫种群数量虽然在树上不断增加, 并且引起其生态境的相应扩散, 聚集度基本上是稳定的。所以油松毛虫幼虫在上树过程中表现在整株油松上的聚集与扩散的趋势具有明显的规律性。

(2) 以轮为单元抽样的统计聚集度指标的结果

根据油松毛虫幼虫抽样技术的研究结果^[5], 本文只测定了 1、2、3 轮的聚集度指标。为了方便起见, 将轮记为 R_i , 则可分别得到 $\bar{X}_{R_i}$, $X_{R_i}^*$, $X_{R_i}^*/\bar{X}_{R_i}$ 或 $(X_{R_i}^* + 1)/\bar{X}_{R_i}$,

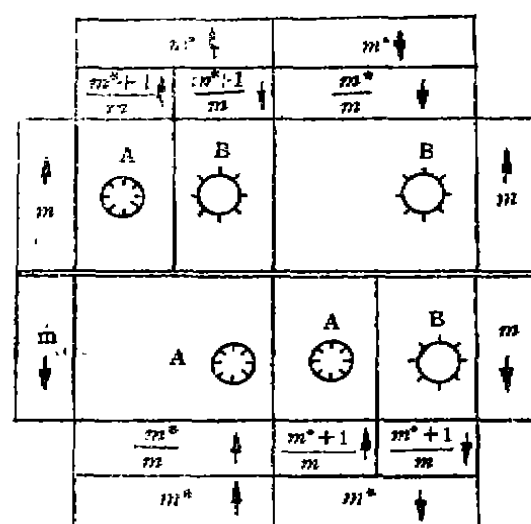


图 1 平均拥挤度(m^*)和平均数(m)相应变化的解释

↑: 表示增长; ↓: 表示下降

A: 聚集, B: 扩散

Fig. 1 Explanation of accordingly changing mean crowding (m^*) as mean (m)

↑: up; ↓: down

A: aggregation, B: dispersion

表 2 油松毛虫幼虫在整株油松上聚集与扩散的变化趋势
Table 2 Changing trend of dispersion of aggregation of Chinese-pine caterpillar larvae in whole tree Chinese-pine

$\bar{X}_T$	X_T^*	$X_T^*/\bar{X}_T$	$(X_T^* + 1)/\bar{X}_T$	判断 Judgement	时间 (日/月) Time(day/month)
0.61	3.1233	5.1625	6.8154		22/3
1.69↑	7.6621↑	4.5338↓	5.1255↓	扩散 dispersion	26/3
8.12↑	20.1402↑	2.4803↓	2.8035↓	扩散 dispersion	30/3
11.12↑	21.9268↑	1.9718↓	2.0618↓	扩散 dispersion	3/4
9.08↓	21.2307↓	2.3366↑	2.4456↑	聚集 aggregation	7/4
10.10↑	22.0320↑	2.1614↓	2.2804↓	扩散 dispersion	11/4
9.46↓	23.7132↑	2.5107↑	2.6152↑	聚集 aggregation	16/4
7.96↓	18.6568↓	2.5949↑	2.6707↑	聚集 aggregation	19/4
8.64↑	20.9585↑	2.4273↓	2.5415↓	扩散 dispersion	23/4
6.72↓	14.3781↓	2.1396↓	2.2864↓	扩散 dispersion	27/4

其中 $i = 1, 2, 3$ 代表轮序。LAS(Ⅲ)的计算结果见表 3。

由表 3 可以看出, 在越冬幼虫上树的初期和中期, 除 R_3 在 3 月 26 日为聚集外, 其变化的总趋势基本表现为类似的同步规律, 即从 3 月 26 日至 4 月 19 日依次为扩散—聚集—再扩散

表 3 油松毛虫幼虫分别在 R_1 、 R_2 和 R_3 上聚集与扩散的趋势
Table 3 The trend of aggregation or dispersion of Chinese-pine caterpillar larvae in ring 1 ring 2 and ring 3

R_i	$\bar{X}_{R_i}$	$X_{R_i}^*$	$X_{R_i}^*/\bar{X}_{R_i}$	$(X_{R_i}^* + 1)/\bar{X}_{R_i}$	判断 Judgement	时间 (日/月) Time(day/month)
R_1	0.18	1.40	7.78	13.33		22/3
	0.83↑	4.81↑	5.56↓	6.78↓	扩散 dispersion	26/3
	2.91↑	8.65↑	2.97↓	3.32↓	扩散 dispersion	30/3
	3.57↑	8.29↓	2.31↓	2.59↓	扩散 dispersion	3/4
	2.84↓	7.68↓	2.67↑	3.02↑	聚集 aggregation	7/4
	2.69↑	8.60↑	2.95↑	3.29↑	聚集 aggregation	11/4
	2.81↓	6.85↓	2.63↓	3.01↓	扩散 dispersion	15/4
	2.28↓	5.84↓	2.61↓	3.04↑	聚集 aggregation	19/4
	2.06↓	5.30↓	2.58↓	3.08↑	聚集 aggregation	23/4
	1.84↓	5.95↑	3.24↑	3.78↑	聚集 aggregation	27/4
R_2	0.15	1.25	8.63	15.00		22/3
	0.43↑	1.94↑	4.52↓	6.84↓	扩散 dispersion	26/3
	1.83	5.45↑	2.62↓	3.34↓	扩散 dispersion	30/3
	2.415↑	5.05↓	2.08↓	2.51↓	扩散 dispersion	3/4
	2.42↑	6.02↑	2.49↑	2.90↓	聚集 aggregation	7/4
	2.56↑	6.77↑	2.65↑	3.04↑	聚集 aggregation	11/4
	2.23↓	5.26↓	2.36↓	2.81↓	扩散 dispersion	15/4
	1.90↓	5.01↓	2.63↑	3.15↑	聚集 aggregation	19/4
	2.18↑	5.75↑	2.64↑	3.10↑	扩散 dispersion	23/4
	1.77↓	4.00↓	2.26↓	2.82↓	扩散 dispersion	27/4

附表 3

R_i	$\overline{X}_{R_i}$	$X_{R_i}^*$	$X_{R_i}^*/\overline{X}_{R_i}$	$(X_{R_i}^*+1)/\overline{X}_{R_i}$	判断 Judgement	时间(日/月) Time(day/month)
R_1	0.19	0.90	4.73	10.00		22/3
	0.21 ↑	2.16 ↑	10.50 ↑	15.05 ↑	聚集 aggregation	26/3
	1.45 ↑	4.76 ↑	3.27 ↓	3.97 ↓	扩散 dispersion	30/3
	2.13 ↑	6.44 ↑	3.03 ↓	3.49 ↓	扩散 dispersion	3/4
	1.66 ↓	4.93 ↓	3.15 ↑	3.80 ↑	聚集 aggregation	7/4
	2.02 ↑	6.88 ↑	2.81 ↓	3.29 ↓	扩散 dispersion	11/4
	1.98 ↓	6.13 ↑	3.09 ↑	3.80 ↑	聚集 aggregation	15/4
	1.18 ↓	3.96 ↓	3.36 ↑	4.20 ↑	聚集 aggregation	19/4
	1.98 ↑	6.27 ↑	3.19 ↓	3.76 ↓	扩散 dispersion	23/4
	1.47 ↓	5.22 ↓	3.56 ↑	4.23 ↑	聚集 aggregation	27/4

一再聚集,到了上树的后期,自4月23日以后,在 R_1 上为聚集, R_2 上为扩散, R_3 上为扩散到聚集。

(3) 以枝为单元抽样的统计聚集度指标的结果

根据越冬幼虫上树后喜食2年生针叶的特性,我们把每轮中所有枝条上着生2年生针叶最多的顶梢定义为枝。基于枝抽样的研究结果,本文仅对前3枝上的幼虫数进行了调查和统计。若将枝记为 B_i ,则依次可得 $\overline{X}_{B_i}$, $X_{B_i}^*$, $X_{B_i}^*/\overline{X}_{B_i}$ 或 $(X_{B_i}^*+1)/\overline{X}_{B_i}$, 其中 $i=1, 2, 3$ 代表枝序,LSA(II)的计算结果见表4。

由表4可见,越冬幼虫上树的初期和中期,在 B_1 和 B_2 上表现的光扩散后聚集的趋势完全相似,且周期性亦同,在 B_3 上,初期是先聚集后扩散,中期的聚集周期比 B_1 和 B_2 向前向后各增加了一个单位时间,在越冬幼虫上树的后期,幼虫在 B_1 和 B_2 上的变化趋势表现完全不同,前者为聚集,后者为扩散, B_3 为先扩散后聚集。

2. 应用谐波分析来刻画种群扩散或聚集的趋势

以上按照Mont Lloyd (1967)的方法,定性地判断了越冬幼虫上树过程中的扩散和聚集的变化趋势,为了进一步揭示这种扩散和聚集现象所表现出来的规律性,用谐波分析法^{[3][4]}来加以定量地刻画:

设 $y_t = c_0 + c_1 \sin(\omega t + \theta_1) + c_2 \sin(2\omega t + \theta_2) + \dots + c_k \sin(k\omega t + \theta_k)$

$$= c_0 + \sum_{i=1}^k c_i \sin(i\omega t + \theta_i)$$

其中: c_0 为周期变化的平均; c_i 为各谐波的振幅; θ_i 为各谐波的相角。

以上是傅里叶级数(Fourier Series)的展开式,周期 y_t 是由 k 个谐波相重迭而成,每个谐波均具有不变的角频率 ω ,但其振幅 c_i 和相角 θ_i 不同,即合成的周期波(y_t)包含了数个正弦波,称为谐波。

上式一般化为:

$$y_t = a_0 + \sum_{i=1}^k (a_i \cos \lambda \omega t + b_i \sin \lambda \omega t)$$

表 4 油松毛虫幼虫分别在 B_1 、 B_2 和 B_3 上聚集与扩散的趋势
Table 4 The trend of aggregation or dispersion of Chinese-pine caterpillar larvae
in branch 1, branch 2 and branch 3 respectively

B_i	$\overline{X}_{B_i}$	$X_{B_i}^*$	$X_{B_i}^*/\overline{X}_{B_i}$	$(X_{B_i}^* + 1)/\overline{X}_{B_i}$	判断 Judgement	时间(日/月) Time(day/month)
B_1	0.125	0.647	5.176	13.176		22/3
	0.415↑	3.055↑	7.361↑	9.771↓	扩散 dispersion	26/3
	1.285↑	3.760↑	2.926↓	3.704↓	扩散 dispersion	30/3
	1.010↓	1.433↓	1.419↓	2.409↓	扩散 dispersion	3/4
	0.945↓	1.215↓	1.286↓	2.344↓	扩散 dispersion	7/4
	0.795↓	2.009↑	2.527↑	3.785↑	聚集 aggregation	11/4
	0.895↑	1.640↓	1.832↓	2.960↓	扩散 dispersion	15/4
	0.885↓	1.131↓	1.651↓	3.111↑	聚集 aggregation	19/4
	0.465↓	0.478↓	1.028↓	3.178↑	聚集 aggregation	23/4
	0.470↑	0.794↑	1.689↑	3.817↑	聚集 aggregation	27/4
B_2	0.085	0.851	0.958	19.494		22/3
	0.185↑	0.765↓	4.135↑	9.541↓	扩散 dispersion	26/3
	0.885↑	2.500↑	2.538↓	3.653↓	扩散 dispersion	30/3
	0.700↓	1.091↓	1.559↓	2.987↓	扩散 dispersion	3/4
	0.865↑	1.186↑	1.371↓	2.527↓	扩散 dispersion	7/4
	0.765↓	1.420↑	1.866↑	3.183↑	聚集 aggregation	11/4
	0.710↓	1.106↓	1.558↑	2.966↓	扩散 dispersion	15/4
	0.525↓	1.553↑	2.954↑	4.863↑	聚集 aggregation	19/4
	0.545↑	1.201↓	2.204↓	4.309↓	扩散 dispersion	23/4
	0.410↓	0.567↓	1.383↓	3.822↓	扩散 dispersion	27/4
B_3	0.091	0.451	4.956	15.945		22/3
	0.080↓	2.391↑	29.888↑	42.388↑	聚集 aggregation	26/3
	0.824↑	1.839↓	2.232↓	3.445↓	扩散 dispersion	30/3
	0.598↓	0.914↓	1.528↓	3.201↓	扩散 dispersion	3/4
	0.724↑	1.369↑	1.819↓	3.272↑	聚集 aggregation	7/4
	0.724	1.369	1.891	3.272	聚集 aggregation	11/4
	0.673↓	1.807↑	2.388↑	3.874↑	聚集 aggregation	15/4
	0.487↓	0.852↓	1.749↓	3.803↓	扩散 dispersion	19/4
	0.543↑	0.579↓	1.066↓	2.906↓	扩散 dispersion	23/4
	0.482↓	0.819↑	1.699↑	3.774↑	聚集 aggregation	27/4

其中: $a_0 = c_0$; $c_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2}$; $\theta_1 = \arctg \frac{a_1}{b_1}$; 待估参数: $a_0, a_1, a_2, \dots, a_k$,

$b_1, b_2, \dots, b_k$ 用: $a_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$; $a_k = \frac{2}{n} \sum_{i=0}^{n-1} y_i \cos k\omega t_i$; $b_k = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} y_i \sin k\omega t_i$ 。以 R_2

扩散或聚集趋势为例进行谐波分析:

原序列为: 扩散—扩散—扩散—聚集—聚集—扩散—聚集—扩散—扩散—(扩散)。

设:

$$y_i = \begin{cases} 1 & (\text{扩散趋势}) \\ 2 & (\text{聚集趋势}) \end{cases}$$

则原序列化为: 1, 1, 1, 2, 2, 1, 2, 1, 1, (1)。

根据上述谐波方程, 计算过程列于表 5。

表 5 油松毛虫幼虫在 R_2 上聚集与扩散趋势的谐波分析计算

Table 5 Calculation of harmonic analysis of the trend of aggregation or dispersion of Chinese-pine caterpillar larvae in ring 2

t_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8
y_i	1	1	1	2	2	1	2	1	1
$y_i' = y_i - \bar{y}$	-0.333	-0.333	-0.333	0.667	0.667	-0.333	0.667	-0.333	-0.333
$k \cdot (2\pi/n)$	0	$(2\pi/n) \cdot 1$	$(2\pi/n) \cdot 2$	$(2\pi/n) \cdot 3$	$(2\pi/n) \cdot 4$	$(2\pi/n) \cdot 5$	$(2\pi/n) \cdot 6$	$(2\pi/n) \cdot 7$	$(2\pi/n) \cdot 8$
$\cos(2\pi/n)t_i$	1	0.766	0.174	-0.5	-0.94	-0.94	-0.5	0.174	0.766
$\sin(2\pi/n)t_i$	0	0.643	0.985	0.866	0.342	-0.342	-0.866	-0.985	-0.643
$\cos 2 \cdot (2\pi/n)t_i$	1	0.174	-0.94	-0.5	0.766	0.766	-0.5	-0.94	0.174
$\sin 2 \cdot (2\pi/n)t_i$	0	0.985	0.342	-0.866	-0.643	0.643	0.866	-0.342	-0.985
$\cos 3 \cdot (2\pi/n)t_i$	1	-0.5	-0.5	1	-0.5	-0.5	1	-0.5	-0.5
$\sin 3 \cdot (2\pi/n)t_i$	0	0.866	-0.866	0	0.866	-0.866	0	0.866	-0.866
$\cos 4 \cdot (2\pi/n)t_i$	1	-0.94	0.766	-0.5	0.174	0.174	-0.5	0.766	-0.94
$\sin 4 \cdot (2\pi/n)t_i$	0	0.342	-0.643	0.866	-0.985	0.985	-0.866	0.643	-0.342
$\cos 5 \cdot (2\pi/n)t_i$	1	-0.94	0.766	-0.5	0.174	0.174	-0.5	0.766	-0.94
$\sin 5 \cdot (2\pi/n)t_i$	0	-0.342	0.643	-0.866	0.985	0.985	-0.866	-0.643	0.342

由表 5 可得:

$$a_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} y_i = 1.3$$

a_1 值可用表中的第 3 行与第 5, 7, 9, 11, 13 行各对应的乘积之和, 再乘以 $2/n$, 分别求得: $a_1 = -0.4311$, $a_2 = -0.052$, $a_3 = 0.3333$, $a_4 = -0.1836$, $a_5 = -0.1836$ 。

b_1 值可用表中的第 3 行与第 6, 8, 10, 12, 14 行各对应的乘积之和, 再乘以 $2/n$, 依次求得: $b_1 = 0.076$, $b_2 = -0.1429$, $b_3 = 0.1924$, $b_4 = -0.2189$, $b_5 = 0.2189$ 。

$$\begin{aligned}
 \hat{y}_i &= a_0 + \sum_{k=1}^5 (a_k \cos k\omega t + b_k \sin k\omega t) \\
 &= 1.3333 + \left(-0.431 \cos \frac{2\pi}{9} t + 0.076 \sin \frac{2\pi}{9} t - 0.052 \cos \frac{4\pi}{9} t - \right. \\
 &\quad \left. 0.1429 \sin \frac{4\pi}{9} t + 0.3333 \cos \frac{6\pi}{9} t + 0.1924 \sin \frac{6\pi}{9} t - 0.1836 \cos \frac{8\pi}{9} t - \right. \\
 &\quad \left. 0.2189 \sin \frac{8\pi}{9} t + 0.1836 \cos \frac{10\pi}{9} t + 0.2189 \sin \frac{10\pi}{9} t \right)
 \end{aligned}$$

通过实际调查, 已知 $t=10$ 时为扩散趋势, 当利用上式预报 $t=10$ 时的趋势, 其 $\sin n\omega t$, $\cos n\omega t$ 分别为 0, 1, 0, 1, 0, 1, 即有 $\hat{y}_{10}=0.703<1$, 则为扩散, 说明预报趋势与实际相符。

按照同样的方法, 可求得其它各组谐波分析所得参数值(见表 6)。

表 6 油松毛虫幼虫在 T 、 R_i 、 B_i 上聚集与扩散趋势的谐波分析

Table 6 Harmonic analysis of the trend of aggregation or dispersion of Chinese-pine caterpillar larvae in whole tree, ring 1-3 and branch 1-3

参数 Parameter 抽样 单元 Sampling unit		a_0	a_1	b_1	a_2	b_2	a_3	b_3	a_4	b_4	a_5	b_5
T		1.333	-0.4311	-0.076	-0.052	0.1429	0.3	-0.1924	-0.1836	0.2189	-0.1836	-0.2189
R_i	R_1	1.444	-0.111	-0.093	-0.111	-0.6302	-0.111	-0.1924	-0.111	0.0404	-0.111	-0.0404
	R_2	1.333	0.4311	0.076	-0.052	-0.1429	0.333	0.1924	-0.1836	-0.2189	-0.1836	0.2189
	R_3	1.555	-0.04	-0.2189	0.2089	-0.076	0.444	-0.3849	-0.1702	0.1429	-0.1874	-0.1427
B_i	B_1	1.444	-0.1111	-0.4782	-0.111	0.2454	-0.111	0.1924	-0.1058	-0.3444	-0.1058	0.3444
	B_2	1.222	-0.32	-0.1164	-0.06	0.05	0.111	0.1924	0.073	0.4113	-0.073	0.4113
	B_3	1.555	-0.1364	0.05	0.4902	-0.4133	0.111	-0.1924	-0.0204	0.1162	-0.0204	-0.1162

三、结论与讨论

在油松毛虫越冬幼虫上树时间的序列过程中, 应用Mont Lloyd (1967) 方法, 定性地得到了 4 块标准地 3 种抽样条件下的扩散与聚集的变化趋势, 通过符号检验, 说明它们之间无显著差异, 均呈现为上树的初期是扩散, 当扩散到适宜的生存境后, 到了上树的中期, 则变为短期的聚集, 随着幼虫食叶量的增加, 生活空间相对变小, 食物条件恶化, 因此又表现为扩散, 以此循环, 表现了聚集与扩散的交替进行, 直至上树后期结束。

为了进一步揭示这种扩散和聚集所表现出的规律性, 又应用谐波分析进行定量地刻画, 根据建立的谐波方程进行周期预测与实际调查结果完全相符。这对于建立在相应空间格局变化趋势的基础上的抽样决策具有重要的实践意义。

需要指出的是, 应用谐波分析需要累积多年的资料, 且每次抽样调查次数愈多愈好, 而本文只在同一年进行了多点调查, 每次调查时间的间隔较长, 这有待于今后进一步加以修改和完善。

参 考 文 献

- [1] 夏乃斌等, 1983, 油松毛虫 (*Dendrolimus tabulaeformis*) 幼虫种群静态空间格局的研究, 林业科学 24(4): 414—421.
- [2] Lloyd, M., 1967, "Mean crowding", J. Anim. Ecol. 36: 1—30.
- [3] 沈佐锐等, 1986, 菜蚜种群空间格局动态的分析, 生物数学学报 1(1): 9—15.
- [4] 夏乃斌等, 1989, 油松毛虫 (*Dendrolimus tabulaeformis*) 幼虫抽样技术的研究, 生态学报 9(4): 341—347.
- [5] 赵志模等, 1984, 《生态学引论》, 第108—153页, 科学技术文献出版社重庆分社.

ANALYSIS ON THE TREND OF DISPERSED PATTERN OF CHINESE-PINE CATERPILLAR IN THE SEQUENTIAL PROCESS OF DURATION HIBERNATING LARVAE THROUGH UP THE TREE

Xia Nai-Bin Tu Quan-Hong Zhang Su-Fen
(Beijing Forestry University)

Trend of dispersion or aggregation of Hibernating larvae of Chinese-pine caterpillar was enunciated by measuring indices of aggregation from the beginning to the end through up the tree, the indices of aggregation were obtained by tree sampling, ring sampling and branch sampling. Then, the changing trend of dispersion or aggregation can be traited using Lloyd's method (1967) and harmonic analysis.

Key words: Chinese-pine caterpillar, the process of Hibernating larvae through up the tree, dispersion, aggregation, Lloyd's method, harmonic analysis.