

桉木虱种群突变模型的研究

Study on the Mutation Model of the Jumping Phant, Controlled by the Temperature and Rainfall

陈尚文 覃良

Chen Shangwen Qin Liang

(广西农业大学林学院 南宁市邕武路 16 号 530001)

(Forestry College, Guangxi Agricultural University, 16 Yongwu Road, Nanning, Guangxi, 530001)

摘要 桉木虱受温度影响下的种群动态突变模型为抛物线形。受温度和雨量综合因子作用下的种群动态为椭圆形。温度、雨量是影响桉木虱种群突变的主导因子；使用突变强度 $\Delta i = \hat{y}_{n+1} - \hat{y}_n$ (i 为控制变量, $n = 1, 2, 3, \dots$) 对临界线和区域进行确定。

关键词 桉木虱 突变模型

Abstract The mutation model of the Jumping phant's quantity development included parabola form and ellipse form. The parabola form mutation model was controled by temperature. The ellipse form mutation model was controled by temperature and rainfall. The temperature and rainfall were the cardinal control factors, The mutation intensity were used to define the boundary of mutation and mutation region.

Key words Jumping phant, Parabola mutation model, Ellipse mutation model

数学模型大多用来描述连续的光滑的变化过程。但自然界中除了大量光滑连续的变化外,还存在许多不连续的突然的变化。法国数学家 R. Thom (1972) 创立了突变理论,它是以太拓扑学为基础,揭示了生物学、生态学、医学、社会学等方面许多复杂的突变现象。在昆虫学方面, Jeffers (1978) 报道了不列颠荷兰榆树病大暴发小蠹突变模型, 中国赵惠燕于 1988~1992 年以麦蚜、棉花苗蚜为材料, 分别建立了麦蚜的折迭突变模型和棉花苗蚜的尖角突变模型。在世界范围内, 目前突变模型大多为描述性, 确定性的模型很少, 国内研究尚处于萌芽阶段。为了进一步探讨昆虫的不连续现象, 对桉木虱进行了一年多的观测记录, 利用计算机进行数据处理, 建立起桉木虱受温度、雨量影响控制的突变数学模型。

R. Thom 证明在控制变量不超过四个时, 有 7 种基本突变形态, 即折迭、尖角、燕尾、蝴蝶、双曲、椭圆、抛物线, 本文建立的突变模型形态为抛物线形态和椭圆形态。

1 研究方法

1.1 野外调查

选择有代表性的实验观测地段, 设窿缘桉幼树样树 30 株, 每次在其中随机抽取 6 株, 每株观测五个新梢, 累计 30 梢若虫和成虫总数、同时记录和捕捉各类出现的昆虫, 减少天敌对观测结果的影响, 每月观测 1~3 次; 观测时间从 1991-10-09 开始。

1.2 室内整理

以广西南宁市郊区林学院附近观测记录的 1991~1992 年桉木虱种群动态 (虫数) 为基本材料, 并与 1991~1992 年广西南宁气象台的气象资料结合, 作为统计材料, 种群动态以月为单位时段, 每个时段的数值取平均值, 使用多元非线性回归分析方法, 建立种群动态受温度、雨量分别作用的突变数学模型, 以及建立种群动态受温度、雨量综合因子影响控制的突变数学模型, 选择复相关系数 R 值最大的方程为所需建立的数学模型 ($R > 0.6$)。

1.3 临界线和突变区域的确定

在自然界中, 只要有数量不稳定变化现象, 相邻两点间增量 ΔK (K 为常数) 的非直线变化现象, 就

会有突变现象随之出现。突变强度是用来表现突变的强弱，突变强度小，只能局部影响事物的稳定性，突变强度足够大时，使事物本身的稳定性受到破坏，引起事物的质变。本文首次用突变强度来确定突变临界点的集合和划分突变区域。突变强度用 Δi 来表示 (i 为自变量)，表示自变量 i 的增量为 1 时因变量的相应增量，即

$$\Delta i = \hat{y}_{n+1} - \hat{y}_n \quad (i \text{ 为自变量}, n = 1, 2, 3, \dots)$$

表 1 桉木虱种群数量与月均气温、雨量表 (1991~1992 南宁)

Table 1 Jumping phant population abundance with temperature and Rainfall (1991-1992 China Nanning)

年 Year	1991		1992										
	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
温度 Temperature X_1 (°C)	23.8	19	16.4	12.3	12.9	15.9	23.4	25.9	27.7	27.9	29.4	28	23.1
雨量 Rainfall x_2 (mm)	47	73	36	32	74	32	10	214	333	238	94	52	1
虫数 Abundance y (头/30 梢) (individual/30 top)	37	39.5	27.7	6.5	3	8	71.5	53	110	55	7	9	46

2.2 桉木虱种群数量受温度影响控制的突变数学模型

$$Y_1 = 399.687 - 7.26424x_1 + 4.22394x_1^2 - 0.0744074x_1^3$$

(相关系数 $R = 0.663626$) (1)

其突变强度数据模型为(突变强度为 Δx_1)

$$(x_1 - 18.4226)^2 = -4.47984\Delta x_1 + 352.438$$

(2)

(2) 式是以 (18.4226, 72.6450) 为顶点, $P = 2.23992$, 对称轴为 $x_1 = 18.4226$ 开口向下的抛物线, 与横坐标有两个交点

$$\begin{cases} x_{11} = 0.38(^\circ\text{C}) \\ x_{12} = 36.46(^\circ\text{C}) \end{cases}$$

由于低温和高温不利于生物的生长发育, 低于 0.38°C 或高于 36.46°C 不利于桉木虱生长发育, 桉木虱对窿缘桉为害很少, 甚至不为害。低于 0.38°C 和高

2 结果与分析

2.1 温度、雨量及桉木虱种群数量

以广西南宁市郊区林学院附近 1991~1992 年观测记录的桉木虱种群数量、结合本地区的气温、雨量, 这些基本统计材料列表如下:

于 36.46°C 的区域为窿缘桉的安全区域, 低温和高温对桉木虱有显著影响, 可以结合生产进行防治。

2.3 桉木虱种群数量受雨量影响的突变数学模型

$$Y_2 = 57.5648 - 1.02678x_2 + 0.006413x_2^2 - 8.593672 \times 10^{-6}x_2^3$$

(相关系数 $R = 0.892359$) (3)

其突变强度 Δx_2 的数学模型为

$$(x_2 - 248.249)^2 = -38788.2\Delta x_2 + 22049^{\circ}$$

(4)

(4) 式中当 $\Delta x_2 = 0$ 时, 其所表示的图形与 x_2 轴有两个交点, 即

$$\begin{cases} x_{21} = 99.760 \approx 100(\text{mm}) \\ x_{22} = 396.738 \approx 400(\text{mm}) \end{cases}$$

表明在雨量为 (100, 400) 区间内, 为桉木虱活跃区域。如果雨量为负值时, 其物理意义为表明天气的干燥湿润程度。大气相对湿度越低, 负值越高, 同样雨量过多, 表明是连续的暴风雨天气, 过于干燥和

雨量过多均不利于桉木虱生长发育。

2.4 桉木虱种群数量受温度、雨量综合因子影响控制的突变数学模型

$$Y_3 = 135.498 - 28.6685x_1 + 2.02688x_1^2 - 0.0405491x_1^3 - 0.26671x_2 + 1.52986 \times 10^{-3}x_2^2 - 1.0101 \times 10^{-7}x_2^3$$

(相关系数 $R = 0.957097$) (5)

当温度和雨量增量均为 1 时, (5) 式的突变强度 $\Delta x_1 x_2$ 数学模型为

$$0.121947(x_1 - 16.1210)^2 + 3.0303 \times 10^{-7}(x_2 - 5048.04)^2 = + 12.4669 - \Delta x_1 x_2 \quad (6)$$

(6) 可以简化成下列椭圆形态集合

$$\frac{(x_2 - 5048.04)^2}{\frac{12.4669 - \Delta x_1 x_2}{3.0303 \times 10^{-7}}} + \frac{(x_1 - 16.1210)^2}{\frac{12.4669 - \Delta x_1 x_2}{0.121947}} = 1 \quad (7)$$

3 讨论

桉木虱是 Chant (1964) 所定的第三类害虫, 种群升降变化大, 一般情况下, 造成的危害不严重, 与蚜虫消长相类似, 是研究突变现象的好材料, 温度、雨量是影响桉木虱种群数量突变的主导因子。

目前虽然未发现桉木虱有大面积为害情况, 如果要大量推广种植隆缘桉、大叶桉、小叶桉时, 桉木虱有可能从第三类害虫上升为暴发的第一类害虫, 在正常状态下也需防治。

从建立的模型中, 使用突变强度可划分出桉木虱突变临界线并对区域进行确定, 即温度为 0.38°C 、 36.46°C 和雨量为 100 mm、400 mm 的临界点构成的

椭圆曲线包围的区域即是桉木虱的潜害区与危害区, 而椭圆临界线之外则为安全区域。在生产中可试用于监测桉木虱的发生状况, 决定是否防治。

天敌数量也是影响桉木虱种群消长的一个因子, 与其伴随出现的昆虫有月唇瓢虫 2 种、举腹蚁、弓背蚁、小黑蚁、多刺蚁、蚜虫、角蝉、尺蛾、毒蛾、小黑缩头甲, 它们是否是桉木虱天敌, 目前尚无确定结果, 为减少这些昆虫活动对桉木虱种群影响, 在观察记录同时进行捕捉。由于桉木虱卵极小, 若虫、成虫体形也很小, 天敌难以发现, 加上人工捕捉, 故研究结果受天敌影响较少。

突变现象是不连续的跳跃式的, 在昆虫方面极为普遍, 但突变是有条件的, 因而可以研究其发生和引起其突变的主导因子, 用来预测昆虫的变化趋势, 通过人为 (防治) 影响昆虫向无害方向突变, 做到少用药、效率高、经济损失少, 譬如在马尾松毛虫预测和防治方面, 可以利用本法进行研究、探讨。但由于突变因子本身是一个突变过程, 会因此增加生物动态系统探讨的复杂与研究的困难。

致谢

承蒙元昌安老师在数学方面给予大力帮助, 谨此致谢。

参考文献

- 1 张 颜. 突变理论与潜科学. 潜科学杂志, 1986. 7 (5): 4~5.
- 2 赵惠燕等. 棉花苗蚜尖角突变模型及分析. 生态学杂志, 1993. 12 (1): 62~66.
- 3 赵惠燕等. 应用突变理论研究麦蚜生态系统的防治策略. 科学通报, 1989. 34 (22): 1745~1749.
- 4 赵松年, 于允贤. 突变理论及其在生物医学中应用. 北京: 科学出版社, 1987.
- 5 王业蓬. 高级生态学. 沈阳: 东北林业大学出版社, 1990. 117~119.

(责任编辑: 莫鼎新、邓大玉)