

马尾松毛虫二、三代地区种群动态的研究*

江 年 周健生

史德山

(安徽省森林病虫害防治总站)

(安徽省舒城县森林病虫害防治检疫站)

关键词 马尾松毛虫 种群动态 生命表 综合管理

马尾松毛虫 [*Dendrolimus punctatus* (Walker)] 是我国南方林区一种重要的森林害虫, 全国年发生面积近 333.3 万 hm^2 , 每年造成经济损失约 4.5 亿元, 其危害性早已引起国家领导和各级科研部门的重视。对马尾松毛虫的研究早在 50 年代就已开始, 其中包括彭建文先生的人工生命表的研究^[1]; 李天生先生的空间分布型和抽样方法的研究^[2]; 薛贤清先生的预测预报方法的研究^[3]等等, 但至今对二、三代地区马尾松毛虫自然种群动态尚缺乏系统的研究, 不能满足综合管理的需要。为此, 重点研究了二、三代地区马尾松毛虫的自然种群动态, 取得了各世代各虫态种群变动的参数, 为研制马尾松毛虫综合管理系统模型奠定基础。

马尾松毛虫在安徽省淮河以南丘陵地区一年发生二、三代, 以二代为主。这一地区的丘陵地带, 多为马尾松人工纯林, 兼有薪炭林和生态林的功能, 由于过度修枝和砍草、放牧, 生态条件较差, 有利于马尾松毛虫的发生和繁衍。

1 研究方法

1.1 自然种群生命表

本次研究采用大面积的林间抽样方法, 该抽样方法和安徽省淮河以南片松毛虫虫情调查方法和次数统一, 得出的模型和参数对预测预报管理工作具有更强的适用性和指导意义。

试验林分为马尾松人工纯林, 面积 66.6 多 hm^2 , 林地土壤为红壤(贫瘠), 植被多系草本(稀疏)。由于连年过度修枝, 该林地的每木针叶蓄积量无明显变化, 约为 1500 g / 株; 每 666 m^2 株数 400 株左右, 开始抽样时多为 8 年生, 林龄不齐, 是最为典型的松毛虫常发区的松林林相。按照每 0.33 hm^2 一株的比例, 从林地中随机选取样树 210 株, 进行定期调查, 查明当时虫态的存活数, 得出从 1981~1989 年九年的自然种群生命表, 用 K 值图解相关法和相关回归分析法进行关键阶段分析。

K 值图解相关法是由 Varley 和 Gradwell (1960) 提出的^[4], K 值是先后相邻两阶段的存活虫数比值的对数值: $K_i = \log(lx_i/lx_{i+1})$, 全世代各阶段 K_i 值的总和称为总 K 值。以年度为横轴, K 值为纵轴绘制成曲线图, 目测出和总 K 值变动相似的 K_i , 所代表的阶段即为关键阶段。

1990—12—28 收稿。

* 本文为“七五”国家攻关项目“松毛虫预测预报技术研究”的部分内容。

相关回归分析法以回归系数(b)为标准, 以 K_i 值为因变量, 总 K 值为自变量, 分别求直线回归系数。回归系数最大的 K_i 值所代表的阶段即为关键阶段。

1.2 模型组建

根据马尾松毛虫的生物学特性, 将其分为不同的发育阶段(见表 1), 再根据各个发育阶段的抽样资料, 计算列出全年各代和每代各阶段间数量变化的函数式(变量关系)或常数参数(定量关系), 再按一定的流程图, 组合成一个生命系统模型^[5]。

表 1 马尾松毛虫种群动态研究
发育阶段划分

发育阶段(符号)		抽样时间
第一代	第一代卵(E_1)	5月下旬
	第一代四龄幼虫(N_1)	6月下旬
	第一代茧(P_1)	7月下旬
第二、三代	第二代卵(E_2)	8月中旬
	幼虫 I 期(N_{21})	8月下旬
	幼虫 II 期(N_{22})	9月下旬
	幼虫 III 期(N_{23} , 越冬前)	11月上旬
	越冬后幼虫(N_{24})	3月上旬
	越冬后茧(P_2)	5月上旬

2 研究结果

2.1 生命表及其分析

根据 1981~1989 年九年的生命表资料, 用 K 值图解相关法和相关回归分析法分析出影响种群变动的关键阶段, 从而进一步分析出影响种群变动的关键因子。

第一代: 马尾松毛虫第一代发育期较短, 为 68 d, 所以只分为两个发育阶段, 即从卵至四龄幼虫, 从四龄幼虫至茧。根据九年第一代的总 K 值和两阶段的 k_1 值作出关键阶段分析图, 见图 1。并用相关回归分析

法计算出: $r_1 = 0.35$; $r_2 = 0.806$, 对 r_2 进行 t 误差检验: $t_2 = 2.444 > t_{0.05}(7) = 2.36$, 说明总 K 值与 k_2 间存在真实线性相关。从图 1 和计算结果可得出相同的结论: 从四龄幼虫至茧这一发育阶段为种群变动的关键阶段, 其关键因子为食料, 即松针蓄积量对茧数量的制约作用。

第二、三代: 马尾松毛虫第二、三代的发育期限长, 为 297 d, 所以共分为卵、幼虫 I 期、幼虫 II 期、幼虫 III 期、越冬后幼虫和茧六个发育阶段, 共计算出九年的 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 、 k_5 和总 K 值, 作出关键阶段分析图, 见图 2。由图 2 很难判断出关键阶段, 再用相关回归分析法计算各个发育阶段的回归系数^[4], 见表 2。其中相关系数最大的为 $rk_1 = 0.728$, $rk_3 =$

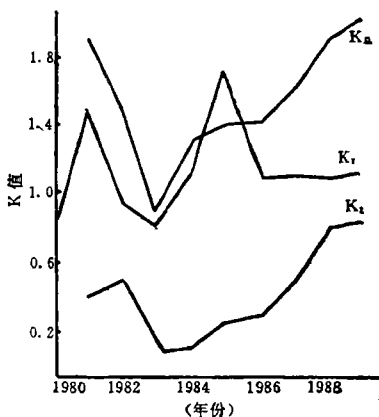


图 1 第一代关键阶段分析

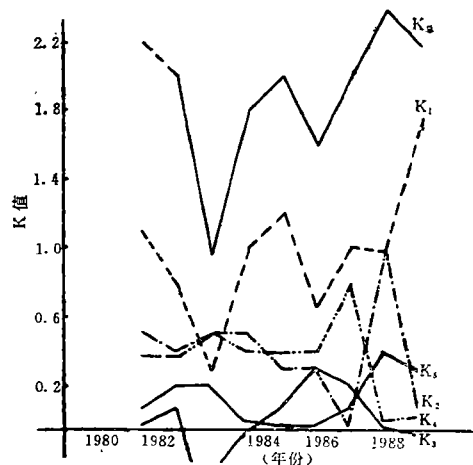


图 2 第二、三代关键阶段分析

表2 马尾松毛虫第二代关键因子计算

因子	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
a	-0.292	0.312	-0.695	0.710	-0.003
b	0.677	0.046	0.369	0.181	0.088
r	0.728	0.069	0.645	-0.340	0.302

0.635, 对二个回归系数进行 t 假设测验:
 $tk_1 = 2.821, tk_3 = 2.371$, 查表得 $t_{0.05}$, (7) = 2.36。因此, 总 K 值与 k_1 有真实线性回归关系; 总 K 值与 k_1 确实是真实线性回归关系。可以断定第二、三代是影响种群变动的关键。影响因子为第一代成虫产卵量, 即从

幼虫 II 期到幼虫 III 期, 即 10 月初到 11 月初的幼虫发育阶段, 和三代分化率从而与积温有关。从越冬后幼虫至茧, 关键为食料和防治。

2.2 模型组建

先画出马尾松毛虫生命系统模型流程图, 见图 3。

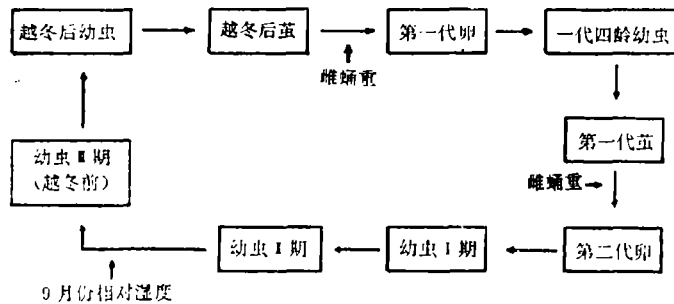


图3 马尾松毛虫生命系统流程

根据九年的生命表资料, 得出马尾松毛虫各发育阶段的数量关系, 见表 3。筛选出来的关键阶段, 将该阶段的主导因子作为关键因子, 用回归分析法建立子模型; 而对于非关键因子, 则取九年的平均成活率作为常数加入系统模型。马尾松毛虫的种群共有三个关键阶段, 相应得出三个子模型。

表3 马尾松毛虫非关键阶段死亡率

(单位: %)

发育阶段(年份)	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	平均
第一代卵(E ₁)~四龄幼虫(N ₁)	84	98	89	84	93	98	93	93	93	93	92
第二代卵(E ₂)~幼虫 I 期(N ₂₁)	—	93	86	55	90	94	78	91	89	98	86
第二代幼虫 I~II 期(N ₂₁ ~N ₂₂)	—	71	58	67	70	46	51	4	89	24	53
越冬前(N ₂₃)~越冬后(N ₂₄)	—	69	63	70	52	56	56	84	10	17	53

子模型 I: 第一代从四龄幼虫至茧这一时期的数量变动只和其初始种群数量有关, 得出模型: $P_1 = 0.30 + 2.32 \log N_1$ 。

子模型 II: 第二、三代种群数量的预测, 主要由这一阶段关键性因子卵决定, 以第一代卵来预测第二代幼虫则: $N_{22} = 0.0658(-143 + 314 W_1) \cdot P_1 \cdot F_1$, W_1 为平均雌虫蛹重(第一代), F_1 为雌性比(第一代), P_1 为第一代茧数。

子模型 III: 由幼虫 II 期预测幼虫 III 期, 这一段时间内的种群数量变动, 和三代分化率有关, 按照一般的说法, 三代分化率和全年或 7~9 三个月的积温有关, 用九年的积温(每年 7~9 三个月的积温)和 7~10 四个月的相对湿度以及初始种群密度作为自变量参与逐步回

归分析, 入选因子只有9月份的相对湿度和初始种群密度, 这可能是由于试验林地9年以来积温变化不大, 和24 a 平均积温相比, 最大差异只有65℃。所以这一阶段的关键因子为9月份的相对湿度, 该试验林地的相对湿度9年来均在75%以上, 所以可以认为当相对湿度在75%以上时, 湿度越大, 三代分化率越高, 下个发育阶段的虫口数量也就越高, 得出以下模型: $N_{23} = -195.99 + 3.67 N_{22} + 2.23 H$ (H 为9月份相对湿度)。

此外, 马尾松毛虫多以四至五龄幼虫越冬(少数三龄), 第二年春天恢复取食以后, 食量很大, 所以这一阶段的关键因子应为食料, 即针叶情况。由于试验林分连年强度修剪, 针叶蓄积量变化不大, 约为1500 g左右, 难以参加计算, 得出的结论是在该林地针叶蓄积量所能容忍的最大虫口限度以下(约为60条), 其种群变动和其初始种群密度有关, 得出的模型如下:

$$P_1 = 0.63 + 0.67 N_{24} \quad P_2 \text{——越冬后茧数} \quad N_{24} \text{——越冬后幼虫数}$$

由蛹期预测卵期的模型:

马尾松毛虫茧期的平均雌蛹重和成虫产卵量之间有着极为密切的相关关系, 可以根据平均雌蛹重(g)、雌性比以及茧基数来预测下代的平均单株卵量, 所得的模型见表4。这样处理可以避免成虫期调查, 在大面积的松林内进行调查作为低虫口监测或短期趋势预报卓有成效, 但对于种群研究来说, 成虫期调查由于电压不稳、性诱剂性能不稳定等问题, 会增加系统误差。所以才采用了直接用蛹期预测下代卵的方法。

表4 马尾松毛虫各发育阶段间的数量关系

世代	发育阶段(符号)		数量关系	回归系数	r	F
	始期	止期				
第一代	第一代卵(E_1)	第一代4龄幼虫(N_1)	$N_1 = 0.08E_1$	低		
	第一代四龄幼虫(N_1)	第一代茧(P_1)	$P_1 = 0.30 + 2.32 \log N_1$	1.63	0.73	7.80
	第一代茧(P_1)	第二代卵(E_2)	$E_2 = [-143 + 314W_1] \cdot P_1 \cdot F_1$		0.99	
			W_1 —平均雌蛹重(g)			
			F_1 —雌性比			
第二、三代	第二代卵(E_2)	幼虫I期(N_{21})	$N_{21} = 0.14E_2$	低		
	幼虫I期(N_{21})	幼虫II期(N_{22})	$N_{22} = 0.47N_{21}$	低		
	幼虫II期(N_{22})	幼虫III期(N_{23})	$N_{23} = -195.99 + 3.67N_{22} + 2.23H$		0.97	33.90
	幼虫III期(N_{23})	越冬后幼虫(N_{24})	$N_{24} = 0.47N_{23}$			
	越冬后幼虫(N_{24})	越冬后茧(P_2)	$P_2 = 0.63 + 0.67N_{24}$	1.04	0.99	38.35
	越冬后茧(P_2)	第一代卵(E_1)	$E_1 = [-65 + 314P_2] \cdot P_2 \cdot F_2$		0.99	
			W_2 —平均雌蛹重(g)			
			F_2 —雌性比			

3 讨论

生命表研制是种群数量动态研究的基础, 如何取得生命表数据是生态研究中的一项重要课题。以前的马尾松毛虫生命表研究多采用室内实验种群和林间实验种群, 由于实验种群和林间自然种群在食料、迁移、被寄生概率等方面存在的差异, 所得出的数据和模型不适用干

自然种群,对生产管理的指导意义不大。本次研究采用大面积林间直接抽样法,根据马尾松毛虫发生、发育特点和森林病虫害管理制度划分发育阶段,确定抽样时间和次数,分析得出的模型和参数能代表林间自然种群的数量消长情况,能直接用于生产管理。

在生命表分析过程中,先用 K 值图解法和回归相关分析法分析出影响种群数量变动的关键阶段,然后根据生产经验丰富的专家们的意见,列出该阶段的影响因子,用回归分析法进行筛选,得出模型。参与计算的气象因子包括全年各月的平均温度、降雨量、相对湿度等,除了9月份的相对湿度以外,别的气象因子均被剔除,这可能是由于试验林9年中的其它气象因子变化不大的缘故。

参 考 文 献

1. 彭建文. 湖南松毛虫研究初步报告. 林业科学, 1959, (3), 183~212.
2. 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.
3. 薛贤清, 冯晋臣, 张石新, 等. 马尾松毛虫定量测报的判别分析模型. 南京林产工业学报, 1982, (1), 134~153.
4. 南京农学院主编. 昆虫生态及预测预报. 农业出版社, 1985.
5. 张孝囊, 耿济国, 顾海南, 等. 稻纵卷叶螟(*Cnaphalocrocis medinalis* Guenée)种群生命系统模型的研究. 生态学报, 1988, 8(1), 18~26.

Study on the Population Dynamics Dendrolimus punctatus in Anhui Province

Jiang Nian Zhou Jiansheng

(Anhui Provincial Forest Disease and Insects Control Station)

Si Deshan

(Forest Disease and Insect Control Station of Sucheng County, Anhui Province)

Abstract Samplings were conducted continually in large area (more than 65 hectares) from 1981~1989, the life table of 22 generations of pine caterpillar, *Dendrolimus punctatus* has been established. The sampled forest is typical in Anhui. From this life table, a life systematical model has been worked out. From the model, it can be seen that there are three key periods in population dynamics and that three submodels have been obtained. The key factors in population dynamics are original population density, feeding conditions, the weight of female pupae and sex ratio. The only climatic factor that affects population dynamics is the average relative humidity (%) in September. The sampling method used is in accordance with the method used in forest production. It is believed that this systematical model is practical in pest management, because no artificial simulation has been used in sampling and so the artificial influence has been eliminated.

Key words *Dendrolimus punctatus* population dynamics life table
integrated pest management