维普资讯 http://www.cqvip.com

第11卷 第3期
1991年9月

生 态 学 报
ACTA ECOLOGICA SINICA

Vol. 11, No.3
Sep., 1991

马尾松毛虫的为害损失及管理效益的模拟研究*

陈晓峰　　李典谟

（中国科学院动物研究所，北京）

摘　　要

本文分析了马尾松受马尾松毛虫为害后，木材生长的损失情况，提出了一个马尾松中、幼龄单木生长模型，并在此基础上，模拟研究了马尾松受害后损失量的累积过程。结果表明，不同受害年龄，不同受害程度下，马尾松材积量损失明显不同，对于选择不同的防治措施具有重要意义。本文还结合一般化学防治方法，提出了一种防治效益的分析与评价的一般方法。

关键词　马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)，松毛虫，危害损失，管理效益，模拟。

一、马尾松的受害与管理

马尾松（*Pinus massoniana* Lamb.）是我国南方林区的主要树种之一，由于其生活力强，能适应土壤条件较差的山地、丘陵及半荒地，是较为理想的先锋树种，在人工营造林中占相当大的比例。然而，由于马尾松毛虫的为害，每年都大面积的成灾，损失十分严重[1]。马尾松毛虫幼虫取食马尾松针叶，在针叶量明显减少时，松树生长速度减缓，个别环境恶劣的条件下，甚至造成松树死亡。松针严重受害后，松毛虫食物条件不良以及大量发生后的天敌数量增加，导致虫口数量急剧下降。经过一定阶段的恢复，松针量逐渐增加到正常水平。害虫生存条件改善，数量上升，产生下一次大发生[2,3]。

在马尾松毛虫的防治方面，目前各地似以化学防治为主。营造混交林、封山育林以及生物防治方法，对于减少害虫的大发生具有重要意义，此工作正在研究试验之中[1,4]，在害虫防治管理中，一个重要的问题，是无法定量地对虫害造成的损失以及管理措施带来的效益进行估计及评价。这样，防治决策中不可避免地具有相当的盲目性，并导致部分地区的有关部门对防治投资的收益没有信心，影响了正确、适当地采取防治措施。为

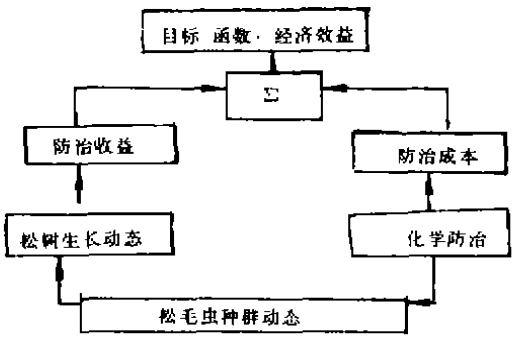

图 1　马尾松毛虫为害损失及管理效益模拟系统示意图
Fig. 1　Simulation system of damage losses caused by Pine Caterpillar and the management strategies

* 本项工作是国家"七五"攻关项目。马世骏教授曾对本工作给予悉心指导，谨此致谢。
本文于1990年1月2日收到。

维普资讯 http://www.cqvip.com

解决此问题，必须对马尾松受虫害后的材积损失程度及其长期效应进行了动态的分析。李天生报道了马尾松毛虫为害程度对松树材积量生长率的影响[6]。陈桃园对防治阈值的问题进行了分析[8]。本文中，在马尾松生长模型及松毛虫-松树相互作用模型的基础上，对马尾松受害损失及害虫防治的效益问题进行了系统分析及模拟研究。模拟系统结构见图1。

二、马尾松生长模型及虫害损失模拟

树木的生长模式，一般可以认为是S型曲线，中、幼年龄期生长速度较快，老年以后，速度减缓甚至停滞下来。作者主要考虑中、幼年龄的马尾松，这也是一般易受虫害影响的年龄。根据王淑芳发表的数据[7]，以幂函数的方程来模拟马尾松生长过程[8]，模拟情况见图2。

模型方程式如下：

$$W = a \times (AGE)^b \qquad (1)$$

其中，W 为木材量（m^3），AGE 为年龄（年），a、b为参数，用最小二乘法对实际数据进行拟合，结果为：

$$a = 2.0897 \times 10^{-6},\ b = 2.8868$$

相关系数 $r = 0.9913$。根据（1）式，对木材年单位生长率(GWR)推导如下：

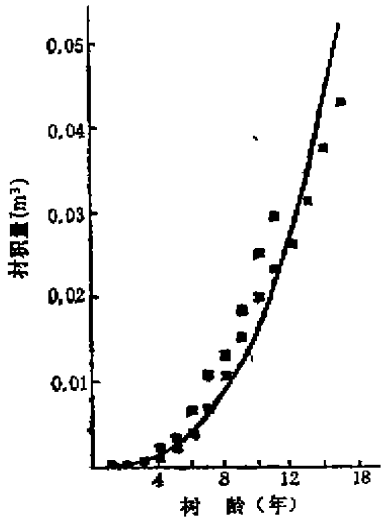

图2 马尾松中、幼龄木材生长模拟
■ 实际值； ——模拟值
Fig.2 Simulation of Pine Tree growth

$$GWR = \left(1 + \frac{1}{AGE}\right)^b - 1 \qquad (2)$$

李天生等报道了虫害对GWR的影响关系如下：

$$DGWR = \alpha + \beta \times AGE + \gamma \cdot DEF^2 \qquad (3)$$

这里，$DGWR$为GWR的减少量，DEF为松树失叶率，α、β、γ为参数。对（3）式进行修改，使$DEF = 0$时，$DGWR = 0$以反映不受虫害影响时，木材单位生长率为：

$$GWR = \left(1 + \frac{1}{AGE}\right)^b - 1 - DGWR \qquad (4)$$

材积量的生长过程可由如下公式递推：

$$W(AGE+1) = W(AGE) \cdot [1 + GWR(AGE)] \qquad (5)$$

进一步地，设受害时松树年龄为A_0，收获年龄为N，那么，收获时材积量的损失为：

$$DW(N) = DGWR(A_0) \cdot W(A_0) \cdot \prod_{AGE=A_0+1}^{N-1} [GWR(AGE) + 1] \qquad (6)$$

或：

$$DW(N) = W_0(N) \cdot DGWR(A_0) / \left(1 + \frac{1}{A_0}\right)^b \qquad (7)$$

式中，$W_0(N)$为无虫害影响，在收获年龄N时的材积量。

维普资讯 http://www.cqvip.com

在上述模型的基础上，松树不同年龄、不同受害程度下，木材生长情况及损失量可以得到模拟计算。模拟结果见图3—5。

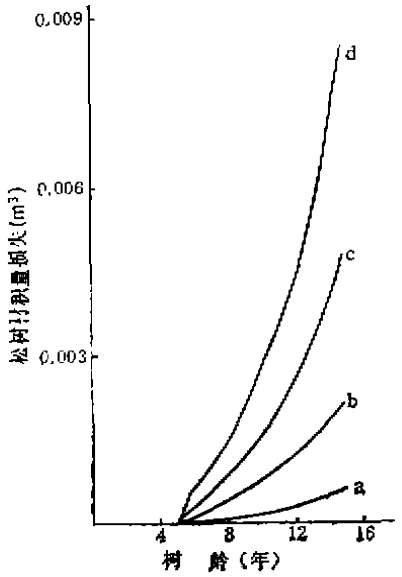

图3　不同受害程度下马尾松材积量损失曲线
受害年龄为第5年，失叶率为a:25%，b:50%，c:75%，d:100%。

Fig. 3　Curves of Pine Tree wood volume losses under different damage degree. The damage age is 6. The leaf damage degrees are, a:25%, b:50%, c:75%, d:100%.

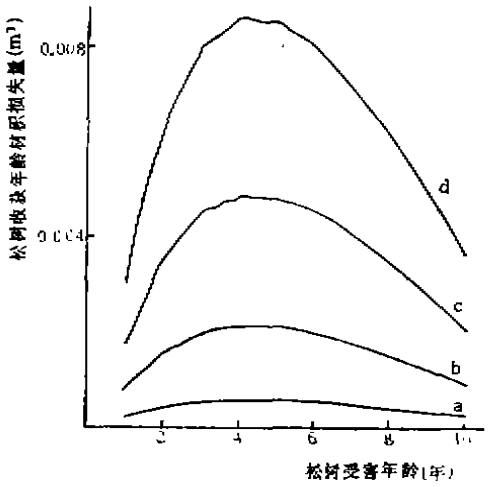

图5　不同程度及不同年龄受害后，马尾松收获年龄木材损失量
收获年龄为第16年，受害失叶率为：a:25%，b:50%，c:75%，d:100%。

Fig. 5　Harvest wood volume losses of Pine Tree damaged at different ages and by different defoliation degree. Leaf damage degree are, a:25%, b:50%, c:75%, d:100%.

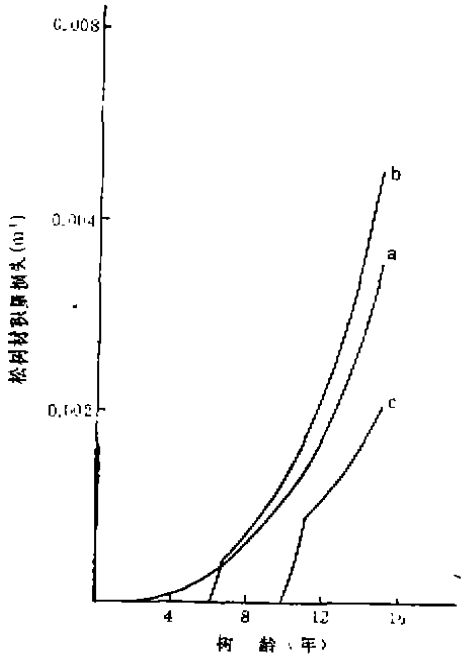

图4　不同受害年下，马尾松材积量损失曲线
受害失叶率为75%，受害年龄为：a:第2年，b:第6年，c:第10年。

Fig. 4　Wood volume loss curves of Pine Tree damaged at different ages. The leaf damage degree is 75%. Damage ages are, a:2 year, b:6 year, c:10 year.

由图3可见，马尾松针叶受害程度越严重，则松树材积量的损失也越大，当受害程度小于25%时，损失相对不太明显，而当失叶率超过50%时，受害损失较为显著，失叶率超过75%时，损失严重。图4反映出同样的受害程度，出现在不同年龄，导致的后果明显地不同。受害后造成的木材损失曲线的高低，由两个过程决定，一是受害年导致的木材损失量，二是这个损失量在受害后各年内不断的累积过程。这一特征在式(6)中也有反映。图5描述了不同受害年龄下，不同受害程度，对树木某一收获年龄时的材积累造成的损失。这里，模拟的结果揭示了树木在4—6年生长期时受害，收获量损失曲线出现一个峰值，也即这个生长期的松树受害后

维普资讯 http://www.cqvip.com

导致的损失比其它年龄受害的损失大，这个结果，对于防治害虫的决策具有重要指导意义，因为一般人工马尾松林中，4—6年生长期的树林，经常是马尾松毛虫易发生的林地。由此可见，中、幼林的害虫问题，应该受到高度的重视。

三、松毛虫为害程度的模拟

根据文献资料[6,7]，建立如下回归关系，来估计松树的针叶量：

$$FLG = -1.4686 + 0.054627 \times D^2 \quad (8)$$

和

$$FLM = 862.4 \times (AGE)^{1.1234} \quad (9)$$

其中，FLG为马尾松针叶湿重(kg)，D为胸径(cm)，FLM为马尾松针叶枚数，据我们在漳浦地区所测结果，针叶重量与叶长之间有如下关系式：

$$FLG = 3.40 \times 10^{-6} \times FLL \quad (10)$$

FLL为针叶长度(cm)，这样，再根据不同季节下松针的平均叶长，可以从针叶总重量或针叶枚数，计算出针叶总长度，并与马尾松毛虫的食叶量联系起来，预测估计松树针叶受松毛虫的为害损失程度，模拟程序结构见图6。

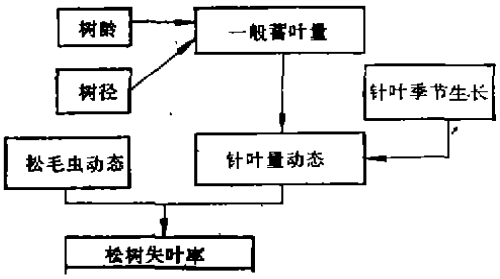

图6 松树失叶率模拟程序结构
Fig. 6 Simulation chart of Pine tree leaf damage degree

四、虫害管理控制效益分析

本文主要考虑化学杀虫剂防治害虫的情况。假定有效地采用防治措施之后，可以避免一次害虫的发生，那么这种防治的收益，就相当于没有采取防治的情况下，害虫将造成的木材损失。因此，在所设想的理想和有效防治下，收益的构成如下：

防治收益(CB)＝不防治木材损失(DW)×木材价格(WP)×每亩株数(PM)×贴现率(DC) (11)

由于木材损失的价值在收获时才体现出来，故这个价值要乘以贴现率折算为现值。

常规的化学防治，其成本由如下公式计算：

防治成本(CT)＝农药价格(PP)×平均每亩药量(DM)＋沉降剂费用(CS)＋劳动力费用(CL)＋器械费(CQ) (12)

纯收益为：

$$\text{防治收入}(CI) = CB - CT \quad (13)$$

对于经营者来说，纯收益与投资总额间的比值，是非常重要的，反映了投资带来效益的大小，因此，是决策指标中的重要内容，这里称之为管理效益：

$$\text{管理效益}(MI) = \text{防治纯收益}(CI)/\text{防治成本}(CT) \quad (14)$$

管理效益(MI)的大小，对于决策过程具有很大影响，特别是在以经济效益为主的情况下，它是反映经济效益大小的主要指标。

在松树生长模型，松树受害损失模型、松毛虫种群动态模型的基础上，给定某种防治措

维普资讯 http://www.cqvip.com

施的成本构成，我们可以通过计算机模拟模型来计算管理效益的估值。

五、讨　论

本文对马尾松生长动态、虫害对马尾松材积量生长的影响，马尾松毛虫防治效益进行了模拟分析，并提出了马尾松毛虫管理中经济效益评价方法。这些研究对于实现马尾松毛虫的优化管理具有重要意义，特别是由于现代化的林业管理，重视经济效益，要求决策的科学化、精确化，必须具备对松树动态、害虫动态及管理措施效果的定量预测。

某些方面的工作，还有待于进一步深入讨论，例如，不同林型中马尾松的收获管理方法与马尾松毛虫为害及控制效果的关系，多次害虫为害及多次防治中，进行优化决策的问题，害虫管理中的综合效益评价等。

参 考 文 献

〔1〕侯陶谦，1987，《中国松毛虫》，科学出版社。
〔2〕彭建文，1962，对马尾松毛虫消长因子的几点看法，林业科学　7(2):180—182.
〔3〕萧刚柔等，1964，马尾松毛虫发生动态的研究，林业科学　9(3):201—220
〔4〕蔡邦华等，1979，我国森林害虫"松毛虫"综合防治的实践与展望，昆虫学报　22(1):45—52.
〔5〕李天生，1987，马尾松毛虫危害程度与马尾松材积生长率之间的关系的模拟试验，林业科学　23(1):29—35.
〔6〕陈桃园，1985，马尾松毛虫防治指标的初步研究，林业科学　21(2):10—218.
〔7〕王淑芳，1959，马尾松为害对松木材积生长量的影响，《森林害虫初步研究报告》，第205—215页，科学出版社.
〔8〕陈昌洁，1959，马尾松毛虫及其预测预报，《森林昆虫论文集》，科学出版社.

SIMULATION STUDY ON LOSSES OF PINE TREE(*PINUS MASSONIANA* LAMB)DAMAGED BY PINE CATERPILLAR (*DENDROLIMUS PUNCTATUS* WALKER)AND AN ANALYSIS FOR MANAGEMENT STRATEGIES

Chen Xiao-Feng　Li Dian-Mo
(*Institute of Zoology, Academia-Sinica*)

The damage effect of Pine Caterpillar on the growth of Pine tree in wood volume has been studied. A Pine tree growth model has been also developed and used to simulate the influence of the pest damage. It is shown that the wood volume loss may differ at different situations. It depends on the tree age in the damaged year and the degree of leaf damage. General methods for analysing and evaluating the benefit from different management strategies for pest control have been also proposed.

Key words: *Pinus massoniana* Lamb, Pine Caterpillar, pest damage loss, simulation model, management strategies.