

文章编号: 1000-5692(2003)01-0049-05

云南松毛虫预测预报技术的研究

赵仁友¹, 徐真旺², 罗松根², 杨少丽¹

(1. 浙江省丽水市森林病虫害防治站, 浙江 丽水 323000; 2. 浙江省遂昌县森林病虫害防治站, 浙江 遂昌 323300)

摘要: 通过对云南松毛虫幼虫饲养观察, 得出该虫幼虫共有 7 龄, 平均取食量为 104.4 g; 4 龄以后取食量开始明显放大, 因此, 防治该虫应安排在 4 龄以前进行。该虫 1~2 龄幼虫死亡率较高, 为 30%~60%, 3 龄以后死亡率降低, 虫口数量比较稳定, 是开展测报调查的最好时机。确立了以柳杉树冠直径推算柳杉针叶量的关系式: $\lg W = a + b \lg D$, 以此建立柳杉树冠级数表和虫灾级数表, 该虫的空间分布型为聚集分布, m^* 对 m 回归式为: $m^* = 14.2757 + 1.1240m$, 建立了以底部 2 根枝条平均虫口数量来预测全树虫口数量的预测式: $y = 9.7544x^{1.1574}$, 既符合一定精度要求, 又简便易行, 提高工作效率。表 7 参 4

关键词: 云南松毛虫; 空间分布型; 抽样技术; 预测技术

中图分类号: S763.305 文献标识码: A

云南松毛虫 *Dendrolimus houi* 在浙江、福建主要危害柳杉 *Cryptomeria fortunei*, 故俗称柳杉毛虫; 在四川等地危害柏木 *Cupressus funebris*, 又称大柏毛虫^[1]。该虫是丽水市重要用材树种柳杉的历史性成灾害虫, 在龙泉、遂昌、景宁、莲都、青田和松阳等县(市、区)均有分布。每当该虫爆发, 柳杉针叶被食殆尽, 形同火烧。过去套用马尾松毛虫 *D. punctatus* 的测报技术规程对云南松毛虫进行测报, 虽然 2 种毛虫均属松毛虫属, 但生活史、生活习性和分布规律等差异甚大。同时, 被害马尾松 *Pinus massoniana* 与柳杉树冠的形态、针叶量和枝条着生方式差异也很大, 故用前者的测报方法无法作出对云南松毛虫发生情况准确预报。为此, 我们从 1994 年开始对云南松毛虫食叶量、分布规律、抽样技术和柳杉针叶量等进行了观察和调查, 在此基础上编制出云南松毛虫预测预报技术规程。现将结果报道如下。

1 云南松毛虫幼虫食叶量的测定

1.1 饲养方法

从野外采集云南松毛虫卵, 将孵化后的幼虫放入笼中进行饲养。定时更换柳杉枝叶供幼虫取食, 测定取食量, 记载死亡情况。1996 年在云南松毛虫常发灾区遂昌县石练镇大茂坑村饲养, 1997 年在遂昌县森防站实验室内进一步进行饲养验证。

1.2 试验样本数

1996 年, 1~2 龄幼虫大量集体饲养, 因取食量很少, 不计算取食量。3 龄, 每笼 5 条, 共 25 笼; 4~7 龄幼虫, 每笼 1 条, 共 80 笼。1997 年, 3~7 龄幼虫, 每笼 1 条, 共 80 笼。饲养时设对照笼, 笼中只放新鲜柳杉枝叶, 以测定柳杉枝叶自然干燥度。设预备笼, 若饲养笼内幼虫死亡可及时补足。

收稿日期: 2002-05-08; 修回日期: 2002-11-25

作者简介: 赵仁友(1962-), 男, 浙江丽水人, 高级工程师, 从事森林病虫害防治研究。

1.3 取食量测定步骤

放入新鲜枝叶，称量。取出被取食过的枝叶，称量。清点幼虫数，记载脱皮虫数，按龄级分笼，记载死亡情况，从预备笼中补足虫数。对照笼枝叶调换，称量，并计算干燥度。计算取食量，将所有同龄级幼虫的取食量之和除以测定时实际虫数，得该龄级1条幼虫的平均取食量。

1.4 饲养结果与分析

1996年云南松毛虫幼虫全龄取食量为104.3g，1997年验证云南松毛虫全龄取食量为104.5g。取2a云南松毛虫取食量的平均数，得出该虫的平均取食量为104.4g。表1可见，云南松毛虫幼虫4龄以后取食量开始明显增大，5龄最高。因此防治该虫应安排在4龄以前进行。该虫6~7龄有开始结茧的，因此，6~7龄幼虫平均取食量比5龄少是符合实际的。同时可见，该虫1龄和2龄幼虫死亡率较高，为30%~60%。3龄以后幼虫死亡率降低，虫口数量比较稳定，是开展测报调查的最好时机。因此，该虫面上调查应安排在4月底至5月中旬之间。

2 柳杉针叶量的测定及树冠级数表的编制

2.1 测定方法

1994年9月至10月在遂昌海拔600m以上的白马山林场和桂洋林场进行。按树冠直径抽取样株实测，每50cm树冠直径内抽取5株，从根部砍伐。实测其树高、胸径、枝下高、树冠直径、树冠长度和最底下枝条长度等。用剪刀剪下所有枝叶称量，然后取枝叶2kg，去其小枝，求得该株树针叶率，最后求得针叶质量。林缘木、孤立木和经人为破坏、病虫危害及树形不整，生长不正常的柳杉不被选入。

2.2 相关关系分析

将柳杉针叶质量(W)与柳杉树高(H)、胸径(d)、树冠直径(D)、树冠高度(h)和最底下枝条长度(L)等因子进行相关关系分析，都呈极显著关系(表2)，但柳杉针叶质量与树冠直径取对数后关系更为密切，相关系数最大， $r=0.9569$ 。以柳杉树冠直径推算柳杉树冠级在实际调查中也比较方便。因此，柳杉树冠级以柳杉树冠直径大小确定。

表2 柳杉针叶量与相关因子的关系

Table 2 Peacock fir needle in relation to the related factors

序号	关系式	参数	相关系数
1	$W = a + bH$	$a = -8.8415$ $b = 4.1558$	0.8166**
2	$W = a + bd$	$a = -3.2508$ $b = 1.7622$	0.8963**
3	$W = a + bD$	$a = -13.2550$ $b = 11.1897$	0.8378**
4	$W = a + bh$	$a = -6.2874$ $b = 4.5335$	0.7891**
5	$W = a + bL$	$a = -18.9058$ $b = 46.6357$	0.5962**
6	$\lg W = a + b \lg h$	$a = -0.3202$ $b = 1.9424$	0.9214**
7	$\lg W = a + b \lg D$	$a = -0.0197$ $b = 2.4382$	0.9569**
8	$\lg W = a + b \lg L$	$a = 1.3380$ $b = 3.6370$	0.7057**

2.3 柳杉树冠级数表的编制

根据柳杉树冠特点，拟以柳杉树冠每增加50cm，树冠级累进1级，以此类推。将每级树冠直径上、下限分别代入关系式： $\lg W = a + b \lg D$ 求得相应针叶量，建立柳杉树冠级数表(表3)。

表 3 柳杉树冠级数表

Table 3 Peacock fir tree crown series form

树冠级	树冠直径/m	针叶量/kg	树冠级	树冠直径/m	针叶量/kg
1	0~1.50	0~2.57	6	3.51~4.00	20.18~23.07
2	1.51~2.00	2.58~5.18	7	4.01~4.5	23.08~37.41
3	2.01~2.50	5.19~8.92	8	4.51~5.00	37.42~48.39
4	2.51~3.00	8.93~13.92	9	5.01~5.50	48.40~61.02
5	3.01~3.50	13.93~20.17	10	5.51~6.00	61.03~75.44

3 云南松毛虫虫灾级数表的编制

3.1 虫灾级与危害程度对应关系的确定

为便于生产实际操作，参考有关文献将虫灾级划分为 6 级，每一虫灾级与云南松毛虫取食全株针叶量百分比的对应关系确定为：I 级 0~10%，II 级 10.1%~20.0%，III 级 20.1%~40.0%，IV 级 40.1%~60.0%，V 级 60.1%~80.0%，VI 级 80.1%~100%。

3.2 云南松毛虫虫灾级数表的编制

每一树冠级的针叶量上、下限值与各虫灾级所对应的针叶量为危害率相乘所得的值除以 1 条幼虫全龄取食量 (104.4 g) 就是该树冠级和该虫灾级所对应的虫口上、下限值。据此，编制出了云南松毛虫虫灾级数表^[2] (表 4)。

表 4 云南松毛虫虫灾级数表

Table 4 *D. houi* disaster series form

树冠级	平均虫口/头					
	I 级虫灾	II 级虫灾	III 级虫灾	IV 级虫灾	V 级虫灾	VI 级虫灾
1	1.0~2.5	<5	<10	<15	<20	<25
2	2.5~5.0	<10	<20	<30	<40	<50
3	5.0~9.0	<17	<34	<51	<68	<85
4	9.0~13.0	<27	<53	<80	<107	<133
5	13.0~19.0	<39	<77	<116	<155	<193
6	20.0~27.0	<54	<108	<161	<215	<269
7	27.0~36.0	<72	<143	<215	<287	<358
8	36.0~46.0	<93	<185	<278	<371	<464
9	47.0~58.0	<117	<234	<351	<468	<584
10	59.0~72.0	<152	<289	<434	<578	<723

4 云南松毛虫抽样技术的确定

4.1 空间分布型的调查

1995 年 6 月笔者对云南松毛虫空间分布进行了调查，得出云南松毛虫幼虫分布型指数平均值 (表 5)。表 5 说明，云南松毛虫幼虫的空间分布型为聚集分布。 \hat{m} 对 m 的回归方程为 $\hat{m} = 14.2757 + 1.1240m$, $r = 0.8994 > r_{0.01(8)} = 0.8343$, 说明回归直线的适合度较高。 $\alpha = 14.2457 > 0$, $\beta = 1.1214 > 1$, 说明云南松毛虫的基本成分是个体群，属聚集型分布。

4.2 抽样方式

通过对 3 块标准地林木位置图及幼虫调查资料，用 5 点式法、棋盘式法、对角线法、Z 字形法和平行线法进行取样，各取 20 株柳杉的调查值，将其累加值与全面调查值相比较，并进行 t 检验。结果 5 种取样方式与全面调查均无显著差异，理论上 5 种取样方式均可采用。因此，在实际调查中，可根据发生地的地形和地势情况灵活采用^[3]。

表5 云南松毛虫分布型指数平均值

Table 5 *D. houi* distribution pattern index number in average worth

<i>n</i>	<i>m</i>	<i>V</i>	<i>C</i>	<i>C_A</i>	\check{m}	\check{m}/n	<i>I_δ</i>	\check{m}/v
361	76.9	211 0.65	23 38	0 81	100.54	1.82	1.81	0 11

4.3 理论抽样数

理论抽样数是在保证抽样质量的前提下的最小样本数。根据 Iwao 提出的公式 $N=1/D^2 [(a+1)/m+\beta-1]$ ，式中 N 为所需抽取样本数， D 为允许误差^[4]。在一定的允许误差范围内不同虫口密度与抽样数量 (N) 之间的关系：(1) $N_1=1 527.57/m+12.14$ ($D=0.10$)，(2) $N_2=678.90/m+5.39$ ($D=0.20$)，(3) $N_3=381.89/m+3.04$ ($D=0.30$)。按上述关系分别列出相应数表 (表6)。

表6 云南松毛虫在各种密度下的最适抽样数

Table 6 Sampling number in every kind of density of *D. houi* population

D	各虫口密度下的最适抽样数/头												
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	150
0.1	16	89	63	50	43	38	34	31	29	27	25	23	22
0.2	73	39	28	22	19	17	15	14	13	12	11	10	10
0.3	41	22	16	13	11	10	9	8	7	7	6	6	6

4.4 双重抽样方法

云南松毛虫调查一般以单株为取样单位，在树高超过 2.5 m 以上时，调查就有一定的困难，单株查虫工作量大。为了简化调查方法，寻找一种省工省时，又能满足一定精度要求的方法，笔者进行了探索。笔者在调查全株幼虫数量测定空间分布型的同时，还分别调查记载了底部 6 根枝条的虫数，并计算出底部枝条的平均虫口。以底部枝条平均虫数为 x 轴，各样本总虫数为 y 轴，将底部 1~6 根枝条的平均虫口在 (x, y) 坐标图上画出散点图，可知各枝条平均虫口与总虫口的函数关系。因此，笔者选用 $y=ax^b$ 关系式进行统计分析，结果见表 7。可知，1~6 根枝条平均虫口数量与全树总虫数的相关关系均极显著，说明均可采用。但从准确性和方便性考虑，笔者认为以底部 2 根枝条平均虫口数量来预测全树虫口数量 ($y=9.754 4 x^{1.1574}$)，既符合一定精度要求，又简便易行，提高工作效率。

表7 柳杉底部 1~6 根枝条平均虫口与全株虫口相关关系测定结果

Table 7 Correlation of average population in 1~6 bottom bough of peacock fir and all population of *D. houi* in the whole tree

枝条数	关系式	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>r</i>	\hat{q}	$T_{0.05} \hat{q}$	95%置信区间
1	$y=ax^{b1}$	20.587 3	1.165 4	0.928 1**	11.522 7	28.196 0	$y \pm 28.196 0$
2	$y=a_2x^{b2}$	9.754 4	1.157 4	0.977 4**	10.359 5	25.349 5	$y \pm 25.349 5$
3	$y=a_3x^{b3}$	6.043 7	1.144 3	0.977 2**	9.452 4	23.130 0	$y \pm 23.130 0$
4	$y=a_4x^{b4}$	5.120 4	1.082 5	0.980 9**	8.781 3	21.487 8	$y \pm 21.487 8$
5	$y=a_5x^{b5}$	4.342 1	1.056 9	0.981 0**	9.078 4	22.214 8	$y \pm 22.214 8$
6	$y=a_6x^{b6}$	3.774 0	1.038 7	0.980 8**	9.299 4	22.755 6	$y \pm 22.755 6$

说明： $r_{0.01(6)}=0.834 3$ ， $t_{0.05(6)}=2.447$

5 讨论与应用

5.1 调查时间

在云南松毛虫幼虫发育到 3 龄时开展虫情调查，此时幼虫死亡率低，虫口相对稳定。时间大约在 4 月底至 5 月上旬之间，对调查结果进行统计分析后，制定出防治计划，防治时间安排在 3 龄幼虫后期 (约在 5 月中下旬)。此时，幼虫取食量尚未有效放大，是开始防治的好时机，4 龄以后幼虫取食量开始明显放大，若防治不及时易造成危害。

5.2 调查方法

选择有代表性的路线进行全面踏查，并按不同类型的林相、立地条件和地形地势设立标准地，每

5 hm² 左右设立 1 块标准地。取样方式可采用对角线法和 Z 字形法等 5 种方法中的任何一种。

5.3 调查步骤

5.3.1 测定树冠级 有代表性地选取 5 株柳杉, 用圈尺量取树冠底层东西和南北向直径, 取其平均值, 最后查表 3 求出树冠级。

5.3.2 平均虫口调查 根据双重抽样法依次调查底部 2 根枝条的虫口数值填入调查表。每块标准地调查 22 株, 然后根据 $y=9.7544x^{1.1574}$ 推算出每株虫口数量。求和后计算出该块标准地的平均虫口。

5.3.3 推算虫灾级 根据标准地树冠级和平均虫口查表 4, 得出该块标准地的虫灾级。将发生程度分为轻、中、重 3 级。轻: 虫灾级 I ~ II 级; 中: 虫灾级 III ~ IV 级; 重: 虫灾级 V ~ VI 级。

5.4 预报

根据调查取得的虫灾级进行具体分析。若调查结果为 I ~ II 级虫灾级, 说明虫口密度较低, 当代不会造成严重危害, 但卵期必须进行孵化率测定, 若孵化率高, 幼虫死亡率低, 下代虫口密度升高, 虫灾级升高, 有可能成灾, 否则下代虫口维持相对稳定状态。若调查结果为 III ~ IV 级虫灾级, 则当代会造成一定危害, 此时应采取防治措施, 压低虫口密度, 防止下一年度幼虫虫口累积爆发成灾。若调查结果为 V ~ VI 级虫灾级, 说明云南松毛虫当代将爆发成灾, 必须立即采取防治措施, 否则, 柳杉针叶会被吃光, 造成死亡。最后, 以虫情通报形式向有关单位发出预报, 要求进一步加强监测, 采取相应防治措施。

参加本研究的人员还有王尚志、华宝松、林少波等。

参考文献:

- [1] 萧刚柔. 中国森林昆虫[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992. 944—945.
- [2] 薛贤清. 森林害虫预测预报[M]. 北京: 中国林业出版社, 1991. 205—218.
- [3] 赵仁友, 罗松根, 徐真旺. 柳杉毛虫抽样技术的研究[J]. 浙江林业科技, 1999, 19(1): 26—30.
- [4] 丁岩钦. 昆虫种群数学生态学原理[M]. 北京: 科学出版社, 1980.

Techniques of forecasting and predicating *Dendrolimus houi*

ZHAO Ren-you¹, XU Zhen-wang², LUO Song-gen², YANG Shao-li¹

(1. Forest Disease and Pest Control Station of Lishui City, Lishui 323000, Zhejiang, China; 2. Forest Disease and Pest Control Station of Suichang County, Suichang 323300, Zhejiang, China)

Abstract: By raising and observing the larva of *Dendrolimus houi*, it is known that the larva is 7 instars. Their average appetite is 104.4 g and increases distinctly after 4 instars. Therefore, the prevention and control of the insect shall be carried out before 4 instars. The 1 ~ 2 instar larva has a high death rate, accounting for 30% ~ 40%. The death rate decreases after 3 instars and their population is stable. It is the best opportunity to carry out forecast and investigation. The formula to calculate the leave quantity by the diameter of *Cryptomeria fortunei* crown is $\lg W = a + b \lg D$. The formula establishes the grade of *Cryptomeria fortunei* crown and insect pest. The formula of the distribution pattern of the insect is $m^* = 14.2757 + 1.1240m$. The formula for the predication of population of insect number in a tree by the average insect number in two lower branches is $y = 9.7544x^{1.1574}$. These formulas conform to the requirement for precision and promote the working efficiency.

Key words: *Dendrolimus houi*; space distribution pattern; sample technique; predication technique